রসায়ন প্রসঙ্গ

একাদশ
ও
দ্বাদশ শ্রেণী

জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ • প্রশান্তকুমার ভৌমিক

ব্ল্যাকি (ইণ্ডিয়া)

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চমাধ্যমিক শিক্ষাসংসদ কর্তৃক একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণীর
রসায়ন পাঠক্রম অনুসারে লিখিত।

রসায়ন প্রসঙ্গ

(একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণী)

জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

অধ্যাপক কৃষ্ণনগর গভঃ কলেজ

প্রাক্তন অধ্যাপক হাবড়া শ্রীচৈতন্য কলেজ রানাঘাট কলেজ,

টাকী গভঃ কলেজ এবং চন্দননগর কলেজ।

ও

প্রশান্ত কুমার ভৌমিক

অধ্যাপক কৃষ্ণনগর গভঃ কলেজ,

প্রাক্তন অধ্যাপক, শান্তিপুর কলেজ,

ঝাড়গ্রাম রাজ কলেজ এবং চন্দননগর কলেজ।

ব্ল্যাকি (ইণ্ডিয়া) এমপ্লয়িজ কো-অপারেটিভ
ইণ্ডাষ্ট্রিয়াল সোসাইটী লিঃ কলিকাতা

প্রকাশক :
ব্ল্যাকি (ইণ্ডিয়া) এমপ্লয়িজ কো-অপারেটিভ
ইণ্ডাষ্ট্রিয়াল সোসাইটী লিঃ কলিকাতা।
১০/১, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট,
কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রথম প্রকাশ : ১৯৭৮

প্রচ্ছদ : শ্রীরবীন রায়

প্রথম খণ্ড— : মূল্য : এগার টাকা মাত্র

মুদ্রাকর :
শ্রীদুর্গাপদ ঘোষ
শ্রীঅরবিন্দ প্রেস
১৬ হেমেন্দ্র সেন স্ট্রীট,
কলিকাতা ৭০০০০৬

ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ-মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদের নূতন পাঠ্যসূচী অনুসারে লিখিত রসায়ন প্রসঙ্গ (প্রথম খণ্ড) প্রকাশিত হল। এই পুস্তকে পাঠ্যসূচীর অন্তর্গত রসায়নের তত্ত্ব ও তথ্যকে সহজ ও সরলভাবে উপস্থানের চেষ্টা করা হয়েছে। যথেষ্ট সংখ্যক উদাহরণ ও চিত্র সহযোগে বিষয়বস্তু সহজবোধ্য করার প্রয়াস করা হয়েছে। অনুশীলনীতে প্রশ্নাবলী এমনভাবে সন্নিবেশিত করা হয়েছে যাতে এগুলির সমাধানে ছাত্রছাত্রীর মেধা ও বুদ্ধির প্রকাশ ঘটে; বর্ণনাত্মক প্রশ্নাবলীর সাথে সাথে প্রচুর সংখ্যক objective type এর প্রশ্নও দেওয়া হয়েছে, বহু গাণিতিক সমস্যার সমাধান করে দেওয়া হয়েছে—বিশেষ করে কঠিনতর সমস্যাবলী। আপ্রাণ প্রচেষ্টা সত্ত্বেও কিছু ছাপার ভুল রয়ে গেছে, তাই প্রারম্ভেই একটি ভ্রম-সংশোধন তালিকা সন্নিবেশিত করা হয়েছে।

বহু অধ্যাপক বন্ধু ও শুভার্থীর সক্রিয় উৎসাহ ও সহযোগিতায় এই পুস্তক রচনা সহজতর হয়েছে। তাঁদের সকলকে আন্তরিক ধন্যবাদ জানাই। এই পুস্তকের উন্নতিকল্পে সংশ্লিষ্ট সকলের মতামত ধন্যবাদের সাথে গৃহীত হবে।

গ্রন্থকারদ্বয়

এই পুস্তকে ব্যবহৃত কয়েকটি সাংকেতিক ভাষা

সে. মি.	সেন্টিমিটার
°সে.	ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড
গ্রা.	গ্রাম
কি. গ্রা.	কিলোগ্রাম
মিলি বা মি.লি.	মিলিলিটার
লি.	লিটার
পা: ওজন	পারমাণবিক ওজন
আ: ওজন	আণবিক ওজন
ঘ. সে.	ঘন সেন্টিমিটার
আ: তাপ	আপেক্ষিক তাপ
গ্রা/লি.	গ্রাম/লিটার
মি.মি.	মিলিমিটার
কি. ক্যালরি	কিলোক্যালরি
অ্যাটমস্	অ্যাটমস্ফিয়ার

ভ্রম-সংশোধন তালিকা

পৃষ্ঠা	লাইন	অশুদ্ধ	শুদ্ধ
19	7	দেওয়া	নেওয়া
	27	uC	Cu
32	10	ক্রিয়ার	ক্রিয়ায়
33	24	15·994	15·9994
তৃতীয় অধ্যায়	অনেক লাইনেই	অ্যাভোগ্যাড্রোর অনুবাদ	অ্যাভোগ্যাড্রোর অণু বাদ
45	16	পারমাণবিক	পারমাণবিকতা
66	17	মৌলিক পদার্থের	মৌলিক পদার্থের মত
108	3	থাকে	সাথে
133	12	হাইপোসালফিউরিক	হাইপোসালফিউরাস
141	8	ক্ষারকের	ক্ষারত্বের
142	17	$=B^+$	অংশটি বাদ যাবে
176	2	$\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}$	$\frac{\text{আণবিক ওজন}}{1}$
194	17	এই	একই
212	18	Na	2Na
		K	2K
221	18	পৃঃ 3	পৃঃ 212
223	27	আয়রণ সমূহ	আয়নসমূহ
224	6	ক্লোরাস	ফেরাস
240	24	ওজোন	ওজোনে
256	11	অপ্রত্যাশিত হয়	অপ্রত্যাশিত নয়
268	22	ধনাত্মক	ঋণাত্মক
269	23 (শেষ থেকে 3)	তড়িৎ-ধনাত্মকতা	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা
310	6	NO′	NO_2′
316	29	ক্রসিনের	ক্রুসিনের
320	7,9	সিথাইল	মিথাইল
338	শেষ লাইন	পৃঃ 329	পৃঃ 331
361	12	জেলি	জেল
364	2	30%	3.0%

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

দ্বিতীয় ভাগ

সারণী—1

কয়েকটি মৌলের প্রতীক-চিহ্ন, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং পারমাণবিক-ভর ($^{12}C=12$, এই স্কেল অনুযায়ী):

মৌল	প্রতীক-চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পা: ভর
অ্যালুমিনিয়াম	Al	13	26.98
অ্যান্টিমণি	Sb	51	121.75
আর্গন	Ar	18	39.948
আর্সেনিক	As	33	74.92
বেরিয়াম	Ba	56	137 34
বেরিলিয়াম	Be	4	9.912
বিসমাথ	Bi	83	208.98
বোরণ	B	5	10.81
ব্রোমিন	Br	35	79.909
ক্যাডমিয়াম	Cd	48	112.4
ক্যালসিয়াম	Ca	20	40.08
কার্বন	C	6	12.011
ক্লোরিন	Cl	17	35.453
ক্রোমিয়াম	Cr	24	51.996
কোবাল্ট	Co	27	58.93
কপার	Cu	29	63.54
ফ্লুওরিন	F	9	18.998
গোল্ড	Au	79	196.97
হিলিয়াম	He	2	4.003
হাইড্রোজেন	H	1	1.00797
আয়োডিন	I	53	126.90
আয়রন	Fe	26	55.85
ক্রিপটন	Kr	36	83.80
লেড	Pb	82	207.19
লিথিয়াম	Li	3	6.939
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	12	24.312
ম্যাঙ্গানিজ	Mn	25	54.94

মৌল	প্রতীক-চিহ্ন	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	পা: ভর
নিয়ন	Ne	10	20.183
নিকেল	Ni	28	58.71
নাইট্রোজেন	N	7	14.007
অক্সিজেন	O	8	15.9994
প্যালাডিয়াম	Pd	46	106.4
প্ল্যাটিনাম	Pt	78	195.09
পটাসিয়াম	K	19	39.102
রেডিয়াম	Ra	81	226
র‍্যাডন	Rn	86	222
সেলেনিয়াম	Se	34	78.96
সিলিকন	Si	14	28.09
সিলভার	Ag	47	107.87
সোডিয়াম	Na	11	22.9898
স্ট্রনসিয়াম	Sr	38	87.62
সালফার	S	16	32.064
টেলুরিয়াম	Te	52	107.60
টিন	Sn	50	118.69
টাইটেনিয়াম	Ti	22	47.90
টাঙ্গস্টেন	W	74	183.85
ইউরেনিয়াম	U	92	238.03
ভ্যানাডিয়াম	V	23	50.94
জেনন	Xe	54	131.30
জিঙ্ক	Zn	30	65.37

প্রথম অধ্যায়

সূচনা : পৃথিবীতে আবির্ভাবের কাল থেকে বহু শত বছর ধরে সভ্যতার বিবর্তনের বিভিন্ন যুগ পার হয়ে বিংশ শতাব্দীর শেষভাগে মানুষ আজ এসে পৌঁছেছে বিজ্ঞান ভিত্তিক সভ্যতার উন্নততর পর্যায়ে। বিস্মৃতির সুদূর কোন অতীতে প্রকৃতির অকৃপণ ঐশ্বর্য ভাণ্ডারে তার গুপ্ত রহস্যের কুহেলিকা মানুষের মনকে আন্দোলিত করেছে; জীবন সংগ্রামের প্রচণ্ড তাগিদে বিরুদ্ধ শক্তির বিরুদ্ধে জীবনপণ লড়াইয়ে মানুষ এই প্রকৃতির দিকে ফিরে তাকিয়েছে; চেয়েছে তার গুপ্ত রহস্যের উন্মোচন করতে, ব্যবহার করতে এই জ্ঞানকে জীবন সংগ্রামে। প্রথম দিকের বিস্ময় বিপন্ন মানুষ সচকিত আনন্দে আবিষ্কার করেছে প্রাকৃতিক ঘটনার রহস্য; পূর্ববর্তীদের জ্ঞানে সমৃদ্ধ পরবর্তীরা এই আবিষ্কারকে করেছে আরও সমৃদ্ধ, আরও গভীর অনুসন্ধিৎসায় প্রবেশ করেছে প্রকৃতির রহস্যঘন রাজ্যে। মানুষের অগ্রগতির পদধ্বনি উঠেছে পৃথিবীর বিভিন্ন প্রান্তে—ভারতবর্ষে, চীনে, গ্রীসে, মিশরে, এশিয়া মাইনরে, আর ও নানা দেশে। সেই অগ্রগতির ধারা এগিয়ে চলেছে, সমস্ত পৃথিবী জুড়ে সূচিত হয়েছে মানুষের জয়যাত্রা।

প্রকৃতির রহস্য উদ্ঘাটনে তথ্যের আবিষ্কারের সাথে তত্ত্বেরও হয়েছে অবতারণা। কিন্তু আলোচনা ও যুক্তির উপর নির্ভরশীল এই তত্ত্ব প্রকৃতির ঘটনাবলীর মূল রহস্য উদ্ঘাটনে বেশী দূর অগ্রসর হতে পারে নি। কায়িক শ্রমকে হেয় জ্ঞান করার ফলে পরীক্ষা ও পরীক্ষালব্ধ ফলের বিশ্লেষণ থেকে প্রকৃতির ঘটনাবলীর সূত্র আবিষ্কারের প্রথা প্রচলিত না হওয়ায় বিজ্ঞান দর্শনের অন্তর্ভুক্ত হয়ে থাকল। এইভাবে চলল ইউরোপের নবজাগরণের কাল পর্যন্ত। নবজাগরণ করল নূতন যুগের সূচনা—আরম্ভ হল আধুনিক যুগ, বিজ্ঞানের যুগ।

এই নবজাগরণের কাল পর্যন্ত, বলা যেতে পারে সপ্তদশ শতাব্দীর শেষভাগ পর্যন্ত, রসায়ন দর্শনের এই সাধারণ ধারার মধ্যেই আবদ্ধ ছিল। রসায়নের সূচনাকাল বিস্মৃতির সুদূর অতীতে নিমগ্ন। সভ্যতার সেই ঊষাকাল থেকে মানুষের ব্যবহারিক জীবনে নিত্যপ্রয়োজনীয় বস্তু সামগ্রীর উদ্ভাবনের মধ্যে—যার প্রমাণ ছড়িয়ে আছে ভারত, চীন, মিশর, সুমের, আসিরিয়া, ব্যাবিলন ইত্যাদি দেশের প্রাচীন সভ্যতাকালের আবিষ্কৃত বিভিন্ন নিদর্শনে—রসায়নের সূত্রপাত। বহুবিধ শিল্প ও কলায় (ধাতু নিষ্কাশন, ধাতু সংকর প্রস্তুতি, কাগজ, কাচ, সুবাস, সুরভি, রং প্রস্তুতি, খনিজ ও ভেষজ পদার্থ থেকে বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতি ইত্যাদি) প্রয়োগের মাধ্যমে রসায়নের অগ্রগতি। পদার্থের গঠনসম্পর্কীয় নানা দার্শনিক

ধারণার মধ্যে—ভারতীয় দর্শনের পঞ্চমৌলতত্ত্ব (ক্ষিতি, অপ, তেজ, মরুৎ, ব্যোম), অ্যারিস্টটলের চার-মৌলতত্ত্ব (অগ্নি, বায়ু, ক্ষিতি, জল) গ্রীস দেশের ডেমোক্রিটাস ও লিউকিপ্পাসের এবং ভারতের কণাদের পদার্থের গঠন সম্বন্ধে ধারণার মধ্যে—তত্ত্বগত দিকেরও সন্ধান পাওয়া যায়।

রসায়নের বিজ্ঞান পর্যায়ে উন্নতির পূর্ববর্তী হিসাবে দুটি পর্যায়কে বিশেষভাবে উল্লেখ করা যায়। প্রথম পর্যায় হল অ্যালকেমির পর্যায়। এই পর্যায়ের রসায়ন সাধকদের উদ্দেশ্য ছিল নিকৃষ্ট ধাতুকে স্বর্ণে রূপান্তরের পন্থা আবিষ্কার। তাঁদের সাধনা ছিল পরশ পাথর আবিষ্কারের সাধনা, যার স্পর্শে নিকৃষ্টতর ধাতু (পারদ, সীসা ইত্যাদি) রূপান্তরিত হবে স্বর্ণে। এই কাল পঞ্চদশ শতাব্দী পর্যন্ত বিস্তৃত। রসায়নের বিবর্তনের দ্বিতীয় পর্যায়ে রসায়ন সাধকদের, যাঁদের মধ্যে প্রধান ভূমিকায় ছিলেন প্যারাসেলসাস্, সাধনা হল এমন এক অমোঘ ঔষধ (elixir of life) আবিষ্কার করা যা হবে সর্বরোগহর এবং যা মানুষকে দান করবে ব্যাধিমুক্ত অনন্ত যৌবন। এই যুগ হল রসায়নকে ঔষধ শাস্ত্রে ব্যবহারের যুগ। সপ্তদশ শতাব্দীর মাঝামাঝি পর্যন্ত এই পর্যায়ের ব্যাপ্তি। অ্যালকেমিষ্টদের স্বর্ণ সাধনা বা পরবর্তী রসায়নবিদদের elixir of life আবিষ্কারের সাধনা সফল হয় নি। কিন্তু তাঁদের নিরলস সাধনা এই শাস্ত্রকে পরবর্তী পর্যায়, বর্তমানের বৈজ্ঞানিক রসায়নের পর্যায়ে বিবর্তনের দ্বারপ্রান্তে পৌঁছে দিল।

বলা যেতে পারে 1661 সালে রবার্ট বয়েলের Sceptical Chymist পুস্তকের প্রকাশের সাথে রসায়নের বর্তমান যুগের সূত্রপাত। তিনি অ্যারিস্টটলের চার মৌলতত্ত্ব ভুল প্রমাণ করেন, মৌলিক পদার্থের সংজ্ঞা নিরূপণ করেন এবং রসায়ন চর্চায় প্রকৃত পরীক্ষার উপর গুরুত্ব আরোপ করেন। প্রকৃতপক্ষে রসায়ন চর্চায় পর্যবেক্ষণ, পরীক্ষা ও পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে যুক্তি ও তর্কের মাধ্যমে সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির সূত্রপাতের সাথেই রসায়নের আধুনিক কালের আরম্ভ। রসায়নের আসল অগ্রগতি সূচিত হয় অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগ থেকে। এই সময় শীলে, প্রীষ্টলী, ক্যাভেণ্ডিস এবং অ্যান্টনি লরেন্ট লাভয়েসিয়ের আবিষ্কারে উজ্জ্বল। লাভয়েসিয়ে রসায়ন চর্চায় তুলার ব্যবহার প্রচলন করেন এবং প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা ফ্লজিষ্টন তত্ত্বের [ফ্লজিষ্টন তত্ত্ব (বেখার এবং ষ্টাহ্ল): দহনের সময় পদার্থ থেকে ফ্লজিষ্টন নির্গত হয়] উৎখাত করেন এবং পদার্থের নিত্যতা সূত্রের আবিষ্কার করেন।

পরবর্তীকালে পৃথিবীর বিভিন্ন প্রান্তের বিভিন্ন বিজ্ঞানীর অক্লান্ত গবেষণায় রসায়নের অগ্রগতি হয়েছে দ্রুততর। এই প্রসঙ্গে কয়েকটি বিশেষ নাম হল: ডালটন, গে লুসাক, রিচার্ডস, ভোলার, ডুমাস, লিবিগ, পাস্তুর, কেকুলে, ভ্যাণ্ট হফ, মেণ্ডেলীফ, এমিল ফিসার, ডেভী, আরহেনিয়াস, র‍্যালে, র‍্যামসে, জে. জে. টমসন, ম্যাডাম কুরী, রাদারফোর্ড, সডী, বোহ্র, লুইস, কোসেল, স্যাডউইক,

আইরিন কুরী, জোলিও কুরী, অটো হান, সিবর্গ, উডওয়ার্ড, পাওলিং। এঁরা ছাড়াও বহু বিখ্যাত বিজ্ঞানীর গবেষণায় রসায়ন আজ ভাস্বর।

রসায়ন আজ মানবজীবনের অপরিহার্য অঙ্গ। যুগ যুগ ধরে যে প্রাথমিক সমস্যাগুলি—খাদ্য, পরিধেয় ও আবাসের সমস্যা—মানুষকে পীড়িত করেছে আজ রসায়ন তার সমাধানে তৎপর। নূতন নূতন এবং উন্নততর সারের আবিষ্কার, কীটপতঙ্গ, আগাছা, ব্যাক্টেরিয়া, ভাইরাস, ফাঙ্গির হাত থেকে ফসল রক্ষার জন্য কীটনাশক, আগাছা নাশক, ফাঙ্গিনাশক ইত্যাদির আবিষ্কার ও ব্যবহার এবং খাদ্য সঞ্চয়ের ক্ষেত্রে উন্নততর ব্যবস্থা খাদ্য সমস্যা সমাধানের ক্ষেত্রে বিশেষ সহায়তা করছে। কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম তন্তুর আবিষ্কার ও ব্যবহার বস্ত্র সমস্যা সমাধানের ক্ষেত্রে বলিষ্ঠ পদক্ষেপ। গৃহনির্মাণের বিভিন্ন বস্তুর আবিষ্কারও স্বল্প খরচায় স্বাস্থ্যকর গৃহনির্মাণে সহায়তা করছে।

রোগ হল মানুষের আর এক চিরন্তন সমস্যা। নীরোগ স্বাস্থ্যোজ্জ্বল জীবন যাপনের ক্ষেত্রে রসায়ন আজ এক অসামান্য ভূমিকা গ্রহণ করেছে। রসায়নগারে সংশ্লেষিত প্রথম যন্ত্রণানাশক অ্যাসেটাইল স্যালিসাইলিক অ্যাসিড থেকে আরম্ভ করে বহু ধরণের ঔষধ রসায়ন চিকিৎসকদের হাতে তুলে দিয়েছে। এইসব ঔষধ, যাদের মধ্যে আরসেনিক-ড্রাগ, সালফা-ড্রাগ, অ্যান্টিম্যালেরিয়াল, অ্যান্টি-বায়োটিক, করটিসোন, চেতনানাশক সবিশেষ উল্লেখযোগ্য, মানুষের রোগ-মুক্তিতে অসাধারণ উপকার করেছে।

মানুষের প্রাথমিক সমস্যাগুলি সমাধানের ক্ষেত্রে রসায়নের ভূমিকা যেমন গুরুত্বপূর্ণ উন্নততর, সুন্দর, বৈচিত্র্যময়, সুখ-স্বাচ্ছন্দ ও আনন্দপূর্ণ জীবন যাপনের ক্ষেত্রেও রসায়নের দান তেমনি অপরিসীম। সুবাস, সুরভি, রং, প্ল্যাষ্টিক, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম তন্তু, কৃত্রিম রাবার, কৃত্রিম পেট্রোল, বিভিন্ন ধাতু ও ধাতুসংকর, পেট্রোকেমিকাল সমূহ, কয়লাজাত বিভিন্ন দ্রব্য এবং আরও বহুবিধ দ্রব্য সামগ্রী উপহার দিয়ে রসায়ন মানুষের জীবনযাপনকে করেছে বৈচিত্র্যময়, সুখস্বাচ্ছন্দপূর্ণ ও সহজতর।

মানুষের সামনে আজ প্রধান সমস্যা—জনসংখ্যার সমস্যা, ক্ষুধা ও রোগের সমস্যা, শক্তির সমস্যা, বিষাক্ত বায়ুমণ্ডলের সমস্যা। রসায়নবিদদের সামনেও এই সমস্যাঃ আগামী দিনে উন্নত জন্মনিরোধক আবিষ্কার, খাদ্য ও পুষ্টির নূতন উৎস আবিষ্কার, নূতন ঔষধ আবিষ্কার, শক্তির নূতন উৎস আবিষ্কার, বায়ুমণ্ডলের কলুষ মুক্তির উপায় উদ্ভাবন। প্রতিভাবান রসায়নবিদদের নিরলস গবেষণায় এই সমস্যাগুলিও একদিন মানুষের কাছে নতি স্বীকার করবে।

রসায়ন শাস্ত্র ও তার বিভিন্ন বিভাগ

রসায়ন শাস্ত্র* ও তার বিভিন্ন শাখা ঃ আমাদের ইন্দ্রিয় সমূহের সাহায্যে জড় জগতের অজস্র বিচিত্র পদার্থের সাথে আমরা পরিচিত হই। রসায়ন শাস্ত্রের আলোচনার বিষয় এই পদার্থসমূহ। রসায়ন শাস্ত্র পদার্থের গঠন, ধর্ম, প্রস্তুতি-প্রণালী এবং বিভিন্ন অবস্থায় পদার্থের পরিবর্তনের বিজ্ঞানভিত্তিক আলোচনা করে। পদার্থের অণুর গঠনের পরিবর্তন হলে রাসায়নিক পরিবর্তন সাধিত হয় এবং পদার্থ অন্য পদার্থে পরিবর্তিত হয়ে যায়। পদার্থকে অন্য পদার্থে পরিবর্তিত করার উপায় রসায়ন শাস্ত্রের আলোচনার অন্তর্গত।

রসায়ন শাস্ত্রের অগ্রগতির সাথে আলোচনার সুবিধার জন্য রসায়ন শাস্ত্রকে বিভিন্ন শাখায় ভাগ করা হয়েছে। তিনটি মুখ্য শাখা হল ঃ

(1) **অজৈব রসায়ন (Inorganic Chemistry) ঃ** সমস্ত মৌল এবং তাদের যৌগের (কার্বন যৌগ ছাড়া) আলোচনা হল অজৈব রসায়নের বিষয়বস্তু। অবশ্য কার্বনের অক্সাইড, সালফাইড ও ধাতব কার্বনেটের আলোচনাও অজৈব রসায়নে করা হয়।

(2) **জৈব রসায়ন (Organic Chemistry) ঃ** প্রথমতঃ জৈব উৎস (প্রাণী ও উদ্ভিদ জগত) থেকে প্রাপ্ত যৌগের আলোচনা জৈব রসায়নের অন্তর্গত ছিল। বর্তমানে জৈব রসায়ন হল কার্বন যৌগের রসায়ন (অক্সাইড, সালফাইড ও ধাতব কার্বনেট ব্যতিরেকে)।

(3) **ভৌত রসায়ন (Physical Chemistry) ঃ** পদার্থের ভৌত ধর্ম ও গঠনের মধ্যে সম্পর্ক, রাসায়নিক ক্রিয়ার সূত্র এবং এদের পরিচালনকারী তত্ত্বের আলোচনা ভৌত রসায়নের অন্তর্গত।

এ ছাড়া বৈশ্লেষিক রসায়ন (**Analytical Chemistry**) এবং ফলিত রসায়ন (Applied Chemistry বা Industrial Chemistry)ও রসায়নের দুটি প্রয়োজনীয় শাখা।

আবার রসায়নের সাথে বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার সম্মিলিত প্রয়োগে বিজ্ঞানের বিভিন্ন নূতন শাখা গড়ে উঠেছে। যেমন, (1) প্রাণ-রসায়ন (Biochemistry), (2) কৃষি-রসায়ন (Agricultural Chemistry), (3) ভূ-রসায়ন (Geochemistry), (4) ভেষজ-রসায়ন (Pharmaceutical Chemistry)

* অনেকের ধারণা মিশরের এক নাম 'কিমিয়া' (অর্থ কালো জমি) থেকে ইংরাজী কেমিষ্ট্রি (Chemistry) শব্দটির উদ্ভব হয়েছে।

রসায়ন একটি পরীক্ষামূলক (Experimental) বিজ্ঞান: রসায়ন চর্চায় যে ধারা প্রচলিত তাতে রসায়নকে পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান বলা হয়। যে বিজ্ঞান আলোচনায় প্রকৃতি-বিষয়ক বিশেষ প্রশ্ন উত্থাপন করা হয় এবং পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষার দ্বারা সেই প্রশ্নের উত্তর খুঁজে বার করা হয় সেই বিজ্ঞানকে পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান বলা হয়। রসায়ন চর্চায় এই পদ্ধতিই প্রচলিত। অপর পক্ষে পর্যবেক্ষণমূলক বিজ্ঞান (Observational Science) যেমন, জ্যোতির্বিদ্যা (Astronomy) ভূবিদ্যা (Geology) ইত্যাদি বিজ্ঞানে প্রকৃতি যেমন আছে তেমন ভাবেই তাকে গ্রহণ করে, তার বিভিন্ন দিক পর্যবেক্ষণ করে তাকে বুঝতে চেষ্টা করা হয়।

রসায়ন চর্চায় যে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি অনুসরণ করা হয় তা হল পরীক্ষামূলক পদ্ধতি। বিভিন্ন অনুসন্ধানের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি সব সময় একই না হলেও মোটামুটি নিম্নের পর্যায়গুলি অনুসরণ করা হয়:

(1) প্রকৃতি-বিষয়ক কোন প্রশ্নের সমাধান করার জন্য প্রকৃত পরীক্ষা করা হয় এবং পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি সংগ্রহ করা হয়।

বৈজ্ঞানিক পরীক্ষার প্রয়োজনীয় দিক হল যে বস্তুগুলি সম্বন্ধে পরীক্ষা করতে চাওয়া হয় তাদের অন্য সমস্ত বস্তু থেকে পৃথক করে নেওয়া হয়। যেমন, যদি লোহায় মরিচা ধরা সম্পর্কীয় পরীক্ষা করতে হয় তবে পরীক্ষণীয় বস্তু হিসাবে চকচকে লোহা এবং মরিচা ধরার জন্য যে পদার্থগুলি অত্যাবশ্যক তাদের অন্য যাবতীয় পদার্থ থেকে আলাদা করে নেওয়া হয় এবং শুধু এইগুলি নিয়েই পরীক্ষা করা হয়। এই বিশেষ আলাদা করা বস্তুসংগ্রহ এবং তাদের একেবারে নিকটবর্তী পারিপার্শ্বিক যেগুলিকে পরীক্ষা করার জন্য পৃথক করে নেওয়া হয়েছে তাদের বলা হয় সিস্টেম (System)।

(2) পরীক্ষালব্ধ ফল বিন্যাস করে তাদের মধ্যে সম্পর্ক বার করা হয়।

(3) এই সম্পর্ক পর্যালোচনা করে কোন বৈজ্ঞানিক সূত্র (Scientific law) বিবৃত করা হয়। এই সূত্র কিন্তু ধ্রুব সত্য নাও হতে পারে। পরবর্তীকালে যদি দেখা যায় অন্য পরীক্ষালব্ধ ফল এই সূত্রের সাথে মিলছে না, তবে সূত্রকে উপযুক্ত ভাবে পরিবর্তিত করে নেওয়া হয় বা নূতন প্রকল্পের (hypothesis) অবতারণা করা হয়।

(4) সূত্রকে ব্যাখ্যা করার জন্য তত্ত্বের (Theory) অবতারণা করা হয়।

(5) তত্ত্বের থেকে নূতন বৈজ্ঞানিক সত্য (scientific fact) সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করা হয়। তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে নূতন পরীক্ষা নিরীক্ষা চালানো হয়

এবং এর থেকে অতীতের অজানা একেবারে নূতন বৈজ্ঞানিক তথ্য আবিষ্কৃত হয়। যদি তত্ত্বের থেকে ভবিষ্যদ্বানী করা তথ্য পরীক্ষার দ্বারা সত্য বলে প্রমাণিত হয় তবে তত্ত্বের ভিত্তি দৃঢ় হয়। নতুবা তত্ত্বের উপযুক্ত পরিবর্তন বা পরিবর্দ্ধন প্রয়োজন হয়।

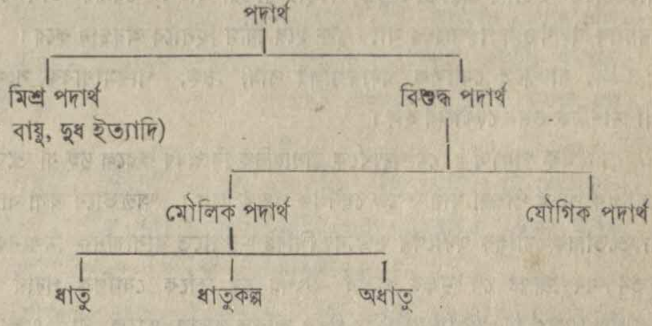
দুটি উদাহরণ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক :

(1) সাধারণ অভিজ্ঞতায় দেখা যায় গ্যাসের আয়তন ও চাপের মধ্যে একটা সম্পর্ক আছে। এখন প্রশ্ন হল কি এই সম্পর্ক ? এর জন্য প্রকৃত পরীক্ষার প্রয়োজন। রবার্ট বয়েল নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস নিয়ে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কীয় পরীক্ষা করেন। তিনি বিভিন্ন গ্যাস নিয়ে এই পরীক্ষা করেন, পরীক্ষালব্ধ ফল সংগ্রহ করেন এবং পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি বিন্যস্ত করে তাদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করেন। তিনি দেখেন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আয়তন ও চাপের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট সম্পর্ক বিদ্যমান এবং এর থেকে তিনি একটি সূত্র বিবৃত করেন : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উপর ক্রিয়াশীল চাপের সাথে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। এই সূত্র বয়েল-সূত্র রূপে পরিচিত। গ্যাসের এই আয়তন সম্পর্কিত বয়েল-সূত্র কিন্তু সর্ব অবস্থায় সমান ভাবে প্রযোজ্য নয়। বয়েল যে অবস্থায় পরীক্ষা নিরীক্ষা করেছিলেন এবং তার থেকে যে তথ্যগুলি তিনি পেয়েছিলেন তার উপর ভিত্তি করেই এই সূত্র তিনি ঘোষণা করেন। পরবর্তীকালে নূতন পরীক্ষা নিরীক্ষার ফলে দেখা যায় গ্যাসের আচরণের ক্ষেত্রে সাধারণ চাপে বয়েল-সূত্র প্রযোজ্য ; কিন্তু অতি উচ্চচাপে গ্যাসের আচরণের ক্ষেত্রে বয়েল-সূত্র আর প্রযোজ্য নয় এবং এর জন্য অন্য সূত্রের প্রয়োজন।

এখন এই সূত্রকে ব্যাখ্যা করার জন্য একটি উপযুক্ত তত্ত্বের প্রয়োজন। গ্যাসের আণবিক তত্ত্বের দ্বারা বয়েল-সূত্রকে ব্যাখ্যা করা যায়। এই তত্ত্ব শুধু বয়েল-সূত্রই ব্যাখা করে না, গ্যাসের আচরণ সম্পর্কিত অন্যান্য সূত্রকেও ব্যাখ্যা করে।

(2) প্রকৃতির ঘটনায় আমাদের অভিজ্ঞতা লোহায় মরিচা পড়ে। প্রকৃত পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণের দ্বারা এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, আর্দ্র বায়ুতে লোহায় মরিচা ধরে এবং বায়ুর অক্সিজেন মরিচা ধরায় অংশ গ্রহণ করে। অর্থাৎ লোহায় মরিচা ধরার জন্য অক্সিজেন ও জল উভয়েরই প্রয়োজন এই ঘটনা যখন পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হল তখন সূত্রাকারে বলা যায় : অক্সিজেন ও জলের সান্নিধ্যে লোহায় মরিচা পড়ে।

মৌলিক পদার্থ, যৌগিক পদার্থ ও মিশ্র পদার্থঃ বস্তু জগতে যে বিভিন্ন পদার্থের সন্ধান পাওয়া যায় তারা সব সময় একটি মাত্র উপাদান দিয়ে গঠিত নয়। যে পদার্থগুলি একটি মাত্র উপাদান দিয়ে গঠিত তাদের বলে বিশুদ্ধ পদার্থ। একাধিক উপাদানে গঠিত পদার্থগুলিকে বলে মিশ্র পদার্থ। বিশুদ্ধ পদার্থ আবার দুই ভাগে ভাগ করা যায়—মৌলিক পদার্থ ও যৌগিক পদার্থ।



মৌলিক পদার্থঃ যে পদার্থকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ করলে সেই পদার্থ ভিন্ন অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না, অর্থাৎ, যে পদার্থকে একাধিক পদার্থে বিযোজিত করা যায় না বা একাধিক পদার্থ থেকে প্রস্তুতও করা যায় না তাকে বলে মৌলিক পদার্থ। মৌলিক পদার্থ একই ধরনের পরমাণু দিয়ে গঠিত। জানা মৌলিক পদার্থের সংখ্যা 103—অপর দুটি মৌলের (কুরচ্যাটোভিয়াম, Ku এবং হানিয়াম, Ha) আবিষ্কার এখনও বিশুদ্ধ ও ফলিত রসায়নের আন্তর্জাতিক সংস্থা (International Union of Pure and Applied Chemistry, সংক্ষেপে IUPAC) কর্তৃক স্বীকৃত হয় নি। এদের মধ্যে 90টি মৌলিক পদার্থ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, অপর মৌলিক পদার্থগুলি কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত করা হয়েছে। মৌলিক পদার্থগুলিকে আবার ধাতু, ধাতুকল্প ও অধাতু এই তিন ভাগে ভাগ করা যায়। ধাতু ও অধাতুর মধ্যে সব সময় কঠোর সীমারেখা টানা সম্ভব নয়। সাধারণতঃ, দ্যুতিসম্পন্ন, অস্বচ্ছ, তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী, উজ্জ্বল, নমনীয়, ঘাতসহ, উচ্চ ঘনত্ব বিশিষ্ট কঠিন মৌলিক পদার্থ ধাতু হিসাবে পরিগণিত হয়। যেমন, সোনা, রূপা, তামা, লোহা ইত্যাদি। পারদ তরল হলেও ধাতু হিসাবে পরিগণিত। অধাতু কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হতে পারে ; সাধারণতঃ, এরা অনুজ্জ্বল, ভঙ্গুর, তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী এবং কম ঘনত্ব বিশিষ্ট হয়। যেমন, হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, কার্বন

ইত্যাদি। ধাতু ও অধাতুর মাঝামাঝি গুণ সম্পন্ন মৌল সমূহকে ধাতুকল্প বলে। এদের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয়েরই কিছু ধর্ম বর্তমান থাকে। যেমন, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি। প্রকৃতপক্ষে, মৌল সমূহের ধর্মের এই বিভিন্নতা তাদের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের উপর নির্ভরশীল।

কিছু মৌলিক পদার্থ যেমন, সোনা, রূপা, সালফার, কার্বন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই মৌলিক পদার্থগুলি পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে যৌগ হিসাবে অবস্থান করে।

1নং সারণীতে মৌলিক পদার্থগুলির নাম, চিহ্ন, পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ওজন দেখানো হল।

যৌগিক পদার্থ ঃ যে পদার্থকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ করলে দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাকে যৌগিক পদার্থ বলে। অন্যভাবে বলা যায়, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক মিলনের ফলে নূতন ধর্ম বিশিষ্ট যে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে যৌগিক পদার্থ বলে। যৌগিক পদার্থে (1) উপাদানগুলির পৃথক অস্তিত্ব বজায় থাকে না, এদের নিজ নিজ ধর্ম লোপ পায়, (2) উপাদানগুলি ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে বর্তমান থাকে এবং (3) যৌগিক পদার্থ উৎপন্নের সময় তাপের পরিবর্তন হয়। জল, চিনি, চক, খাদ্যলবণ ইত্যাদি যৌগিক পদার্থের উদাহরণ। জলকে বিশ্লেষণ করলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুটি পৃথক মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ধর্ম থেকে জলের ধর্ম সম্পূর্ণ পৃথক। আবার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিংগ চালনা করলে ওজন অনুপাতে 8 ভাগ অক্সিজেন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে 9 ভাগ জল উৎপন্ন করে। যৌগিক পদার্থ সর্বদা সমসত্ব হয়।

মিশ্র পদার্থ ঃ দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র পাশাপাশি ঘনিষ্ঠ ভাবে অবস্থান করে মিশ্র পদার্থ উৎপন্ন করে। পদার্থগুলির (1) সবগুলিই মৌল হতে পারে, (2) সবগুলিই যৌগ হতে পারে, (3) কোনটি মৌল, কোনটি যৌগ হতে পারে। মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির নিজস্ব ধর্ম বজায় থাকে এবং সাধারণ যান্ত্রিক পদ্ধতিতে উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায়। মিশ্র পদার্থের ধর্ম হল উপাদানগুলির সম্মিলিত ধর্ম এবং উপাদানগুলি মিশ্র পদার্থে যে কোন অনুপাতে থাকতে পারে। উপাদানগুলি থেকে মিশ্র পদার্থ উৎপন্নের সময় তাপের পরিবর্তন হতেও পারে, নাও পারে। মিশ্র পদার্থ সমসত্ব হতে পারে, আবার অসমসত্বও হতে পারে।

উদাহরণঃ বায়ু (মৌলিক পদার্থের—মুখ্যতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের —মিশ্রণ); দুধ (যৌগিক পদার্থের—স্নেহ ও জলের—মিশ্রণ); বারুদ (যৌগিক ও মৌলিক পদার্থের—সোরা, গন্ধক ও কাঠকয়লার—মিশ্রণ)।

যৌগিক পদার্থ ও মিশ্র পদার্থের তুলনা ঃ

যৌগিক পদার্থ	মিশ্র পদার্থ
(1) যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলি রাসায়নিক ভাবে মিলিত হয়ে নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে।	(1) মিশ্র পদার্থের উপাদনগুলি পরস্পর ঘনিষ্ঠভাবে পাশাপাশি অবস্থান করে; কোন নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় না।
(2) যৌগিক পদার্থের ধর্ম উপাদানগুলির ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ পৃথক ও নূতন।	(2) মিশ্র পদার্থের ধর্ম উপাদান-গুলির ধর্মের সমষ্টি। নূতন ধর্মের প্রকাশ হয় না।
(3) যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে—এর বিন্দুমাত্র হেরফের ও হয় না।	(3) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে না; উপাদানগুলি ওজনের যে কোন অনুপাতে মিশালেই মিশ্র পদার্থ উৎপন্ন হয়।
(4) উপাদানগুলি থেকে যৌগিক পদার্থ উৎপন্নের সময় তাপের পরিবর্তন হবেই।	(4) উপাদানগুলি থেকে মিশ্র পদার্থ উৎপন্নের সময় তাপের পরিবর্তন হতেও পারে, নাও পারে।
(5) যৌগিক পদার্থ সর্বদাই একটি সমসত্ব পদার্থ।	(5) মিশ্র পদার্থ সমসত্ব হতে পারে, অসমসত্বও হতে পারে।
(6) যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলিকে সাধারণ যান্ত্রিক পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না।	(6) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলিকে সাধারণ যান্ত্রিক পদ্ধতি যেমন, পরিস্রাবণ, দ্রবণ, বাষ্পীভবন, উর্ধ্বপাতন ইত্যাদি দ্বারা পৃথক করা যায়।
(7) যৌগিক পদার্থের একটি নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক থাকে।	(7) মিশ্র পদার্থের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক নাই।

উপাদানগুলির ভৌত অবস্থানুযায়ী মিশ্র পদার্থকে নিম্নের ভাগে ভাগ করা যায়ঃ (1) কঠিন-কঠিন মিশ্রণ (উদাঃ রৌপ্য মুদ্রা) (2) তরল-তরল মিশ্রণ (উদাঃ কেরোসিন তেল) (3) গ্যাস-গ্যাস মিশ্রণ (উদাঃ বায়ু) (4) কঠিন-তরল মিশ্রণ (উদাঃ আলকাতরা) (5) কঠিন-গ্যাস মিশ্রণ (উদাঃ ধোঁয়া) (6) তরল-গ্যাস মিশ্রণ (উদাঃ কুয়াশা, সোডা-ওয়াটার) (7) কঠিন-তরল-গ্যাস মিশ্রণ (উদাঃ পেট্রোলিয়াম)।

লৌহচূর্ণ ও গন্ধক মিশালে মিশ্র পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং মিশ্রণে মিশ্র পদার্থের সমস্ত গুণই বর্তমান থাকে। আবার ওজন অনুপাতে 4 ভাগ গন্ধক ও 7 ভাগ লৌহ চূর্ণের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে যৌগিক পদার্থ (ফেরাস সালফাইড) উৎপন্ন হয়। লৌহচূর্ণ ও গন্ধকের মিশ্রণ এবং লৌহচূর্ণ ও গন্ধক থেকে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থ (ফেরাস সালফাইড) উদাহরণস্বরূপ নিয়ে মিশ্র পদার্থের ও যৌগিক পদার্থে তুলনা করা যেতে পারে।

মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলির পৃথকীকরণঃ একটি উদাহরণ।

বারুদের উপাদানগুলির পৃথকীকরণঃ বারুদ হল গন্ধক, সোরা (KNO_3) ও কাঠকয়লা চূর্ণের মিশ্রণ।

কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) নামক তরলে গন্ধক দ্রবীভূত হয়ে যায়, কিন্তু সোরা বা কাঠকয়লা দ্রবীভূত হয় না। জলে সোরা দ্রবীভূত হয়, কিন্তু গন্ধক বা কাঠকয়লা দ্রবীভূত হয় না। বারুদের উপাদানগুলির দ্রাব্যতার এই বিভিন্নতার সাহায্যে এদের পৃথকীকরণ করা যায়।

একটি বিকারে কিছুটা বারুদ নিয়ে অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-সালফাইড যোগ করা হয় এবং একটি কাচ দণ্ড দিয়ে ভাল ভাবে নাড়া হয়। গন্ধক দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং ফিল্টার কাগজের সাহায্যে গন্ধকের দ্রবণকে ছেঁকে নেওয়া হয়। ফিল্টার কাগজের উপর সোরা ও কাঠকয়লা অবশেষ হিসাবে থাকে। কার্বন ডাই-সালফাইড দিয়ে অবশেষকে ভাল ভাবে ধুয়ে নেওয়া হয়। গন্ধকের কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণকে একটি পোর্সেলীন খর্পরে নিয়ে সাধারণ উষ্ণতায় বাষ্পীভবনের দ্বারা গন্ধক পাওয়া যায়।

ফিল্টার কাগজের উপরের অবশেষ সোরা ও কাঠকয়লার মিশ্রণকে ব্লটিং কাগজের সাহায্যে ভালভাবে শুষ্ক করে নেওয়া হয় এবং মিশ্রণকে একটি বিকারে নিয়ে গরম জল যোগ করা হয় এবং একটি কাচদণ্ড দিয়ে ভালভাবে নাড়া হয় যাতে সবটা সোরা দ্রবীভূত হয়ে যায়। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রাবিত করে

সোরার জলীয় দ্রবণ কাঠকয়লা থেকে পৃথক করা হয়। ফিল্টার কাগজের উপরের কাঠকয়লার অবশেষকে গরম জল দিয়ে ভালভাবে ধুয়ে নেওয়া হয় যাতে এর মধ্যে সোরা একেবারে না থাকে। সোরার জলীয় দ্রবণ একটি পোর্সেলীন খর্পরে নিয়ে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পীভবন করলে জল বার হয়ে যায় এবং সোরার সাদা কেলাস পাওয়া যায়। ফিল্টার কাগজের উপরের কাঠকয়লা শুকিয়ে নিলেই শুষ্ক কাঠকয়লা পাওয়া যায়।

অনুশীলনী

1. অ্যালকেমিষ্ট কাদের বলা হত? তাঁদের উদ্দেশ্য কি ছিল? তাঁরা কি সফল হয়েছিলেন? বর্তমানে কি একটি মৌলকে অপর মৌলে রূপান্তরিত করা যায়?

2. রসায়ন শাস্ত্রের আলোচনার বিষয় কি? রসায়ন শাস্ত্রের কয়টি মুখ্য শাখা? রসায়ন শাস্ত্র অধ্যয়নের প্রয়োজনীয়তা কি?

3. পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান কাকে বলে? "রসায়ন একটি পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান"—এই উক্তির সমর্থনে তোমার যুক্তি দেখাও।

4. উদাহরণ সহ টিকা লিখ: (i) মৌলিক পদার্থ (ii) যৌগিক পদার্থ (iii) মিশ্র পদার্থ।

5. পরীক্ষা দিয়ে প্রমাণ কর নীচের পদার্থগুলি যৌগিক পদার্থ না মিশ্র পদার্থ: (i) বায়ু (ii) খাদ্য লবণ (iii) জল।

6. যৌগিক পদার্থ ও মিশ্র পদার্থের প্রভেদ কি? একটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা কর।

7. ওজন অনুপাতে 7 ভাগ লোহা 4 ভাগ গন্ধকের সাথে রাসায়নিক ভাবে মিলিত হয়ে ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন করে। একটি পরীক্ষানলে 4 গ্রাম লোহাচূর ও 2 গ্রাম গন্ধক ভালভাবে মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল। বিক্রিয়ার শেষে পরীক্ষানলে কি থাকে? উহা বিশুদ্ধ পদার্থ না মিশ্র পদার্থ? মিশ্র পদার্থ হলে কি কি পদার্থের মিশ্রণ? কি ভাবে এই মিশ্রণের উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায়? উপাদানগুলির কোনটি যৌগ, কোনটি মৌল? যৌগটি নিয়ে পরীক্ষা করে দেখাও যে এর ধর্ম উপাদানগুলির ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ পৃথক ও নূতন।

8. নীচে কয়েকটি তথ্য দেওয়া হল:

(a) ক্যালোমেল (Hg_2Cl_2), নিশাদল (NH_4Cl), ন্যাপথ্যালিন, আয়োডিনের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব।

(b) সোরা (KNO_3), খাদ্য লবণ ($NaCl$), চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$), নিশাদল (NH_4Cl) জলে দ্রাব্য।

(c) লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, তামা হয় না।

(d) গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে (CS_2) দ্রবীভূত হয়।

(e) বালি, কাচের গুঁড়া জলে বা CS_2 এ দ্রবীভূত হয় না, উর্ধ্বপাতিতও হয় না।

উপরের তথ্যগুলি থেকে নীচের মিশ্রণগুলি কি ভাবে পৃথক করা যায় ?

(i) বালি, গন্ধক ও সোরার মিশ্রণ।

(ii) গন্ধক, তামাচূর ও লোহাচূরের মিশ্রণ।

(iii) আয়োডিন, খাদ্যলবণ ও কাচের গুঁড়ার মিশ্রণ।

(iv) লোহাচূর, ক্যালোমেল, গন্ধক, চিনি ও কাচের গুঁড়ার মিশ্রণ।

(v) খাদ্যলবণ, কাঠকয়লা ও গন্ধকের মিশ্রণ।

(vi) খাদ্যলবণ, বালি, লোহাচূর ও নিশাদলের মিশ্রণ।

(vii) ন্যাপথ্যালিন, নিশাদল ও বালির মিশ্রণ।

9. নীচে কয়েকটি তথ্য দেওয়া হল ঃ

(a) ফেরাস সালফেটের জলীয় দ্রবণে (i) নাইট্রিক অক্সাইড দ্রবীভূত হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত হয় (ii) নাইট্রোজেন দ্রবীভূত হয় না।

(b) কষ্টিক পটাসের জলীয় দ্রবণে CO_2 ও SO_2 শোষিত হয় এবং উভয় ক্ষেত্রেই উৎপন্ন দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু H_2SO_4 যোগ করে উত্তপ্ত করলে গ্যাসটি বার হয়ে আসে। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন কষ্টিক পটাশ দ্রবণে শোষিত হয় না।

(c) গাঢ় H_2SO_4 এ অ্যামোনিয়া শোষিত হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণ অতিরিক্ত কষ্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া গ্যাস বার হয়ে আসে।

(d) নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গাঢ় H_2SO_4 এ শোষিত হয় না (হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে শীতল H_2SO_4 ব্যবহার করা উচিত), কিন্তু জলীয় বাষ্প শোষিত হয়।

(e) CaO অ্যামোনিয়া শোষণ করে না, কিন্তু জলীয় বাষ্প শোষণ করে।

(f) উল্লিখিত প্রতিটি গ্যাসই পারদের অপসারণ দ্বারা সঞ্চয় করা যায়।

উপরের তথ্যগুলি থেকে নীচের গ্যাস মিশ্রণগুলি কি ভাবে পৃথক করা যায় এবং প্রতিটি গ্যাস বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় ?

(i) নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ, (ii) নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ, (iii) হাইড্রোজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ, (iv) নাইট্রোজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ, (v) অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ।

[**একটি উদাহরণ : নাইট্রোজেন ও CO_2 এর মিশ্রণের পৃথকীকরণ :**

N_2 ও CO_2 এর গ্যাস মিশ্রণ কষ্টিক পটাশের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়ে চালনা করা হয়। CO_2 কষ্টিক পটাশ দ্রবণে শোষিত হয় : $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$; কিন্তু N_2 শোষিত হয় না। CO_2-শোষিত কষ্টিক পটাশের দ্রবণ ($KOH + K_2CO_3$) অতিরিক্ত পরিমাণ H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে CO_2 বার হয়ে আসে : $K_2CO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + CO_2 + H_2O$। N_2 ও CO_2 পৃথক ভাবে পাওয়া গেল। এইবার N_2 ও CO_2 কে পৃথক ভাবে গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর দিয়ে চালনা করে শুষ্ক করা হয় এবং পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।]

দ্বিতীয় অধ্যায়

রাসায়নিক–সংযোগ-সূত্র সমূহ :

কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়াই এলোমেলো বা বিক্ষিপ্তভাবে সংঘটিত হয় না, প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়াই ঘটে সুশৃঙ্খলভাবে এবং কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম বা সূত্র অনুসরণ করে। এই সূত্রগুলিকে বলা হয় রাসায়নিক সংযোগ সূত্র সমূহ। সূত্রগুলি প্রকৃত পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত। সূত্রগুলি হচ্ছে :

(1) ভরের সংরক্ষণ বা ভরের নিত্যতা সূত্র। (Law of conservation of mass)।

(2) স্থিরানুপাত বা নির্দ্দিষ্টানুপাত সূত্র (Law of definite propotions)।

(3) গুণানুপাত সূত্র। (Law of multiple proportions)।

(4) মিথোনুপাত-সূত্র বা তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র। (Law of reciprocal proportions or Law of equivalent proportions)।

(5) গে লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্র। (Law of gaseous volumes)। এর মধ্যে প্রথম চারটি সূত্র ওজন-সম্পর্কীয় এবং পঞ্চমটি আয়তন-সম্পর্কীয়।

(1) **ভরের নিত্যতা সূত্র বা বস্তুর অবিনাশিতা-সূত্র** (সূত্রটি ল্যাভয়সিঁয়ে 1774 সালে সুস্পষ্টভাবে বিবৃত করেন—তবে তার আগে থেকেই এ সম্পর্কে জানা ছিল) :

যে কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন পদার্থের মোট ভর বিক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট ভরের সমান।

অন্যভাবে বলা যায় : **বস্তু অবিনশ্বর, বস্তুকে সৃষ্টি করাও যায় না, ধ্বংস করাও যায় না—বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বস্তুর অবস্থান্তর ঘটে মাত্র।**

ব্যাখ্যা : মনে করি A ও B দুটি বস্তু রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করে C ও D বস্তু দুটি উৎপন্ন করে : $A+B=C+D$.

এখন, যদি x গ্রাম A y গ্রাম B এর সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে এবং তার ফলে p গ্রাম C এবং q গ্রাম D উৎপন্ন হয় তবে ভরের নিত্যতা সূত্র অনুসারে-$p+q=x+y$.

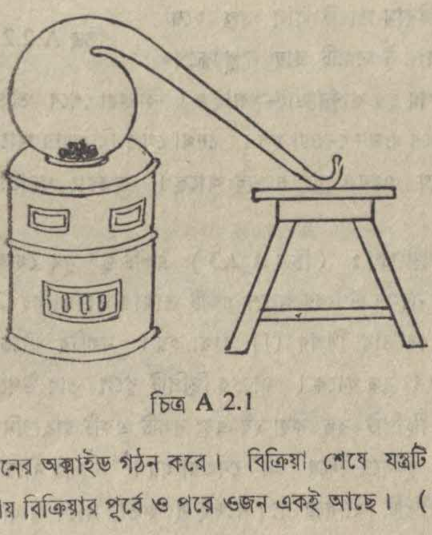
আপাতদৃষ্টিতে সূত্রটিকে অসম্ভব মনে হতে পারে। কারণ, প্রায় প্রত্যেক রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই আপাতদৃষ্টিতে ভরের হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে থাকে। একগাদা খড় বায়ুতে পোড়ালে সামান্য ছাইমাত্র অবশিষ্ট থাকে। খড়ের ওজন এবং ছাই এর ওজনে তো আসমান জমিন ফারাক। আবার একটুকরো লোহাকে আর্দ্র বায়ুতে বেশ কিছুদিন ফেলে রাখলে লোহায় মরিচা পড়ে এবং ওজন বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ভরের নিত্যতা সূত্রের সত্যতা সম্পর্কে সন্দেহ হতেই পারে। কিন্তু, একটু তলিয়ে চিন্তা করলেই সন্দেহের অবসান হবে। খড় বায়ুতে জ্বালালে খড়ের মধ্যেকার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সাথে রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত হয়ে কার্বনডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং ছাই পড়ে থাকে। যদি বিক্রিয়াকারী অক্সিজেন এবং বিক্রিয়াজাত কার্বনডাইঅক্সাইডের ওজন নেওয়া সম্ভবপর হত, তাহলে দেখা যেত বিক্রিয়ার আগে পরে ওজন ঠিকই আছে—বাড়েও নি, কমেও নি। অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে লোহার সাথে আর্দ্র বায়ুর অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় মরিচা পড়ে—মরিচা আসলে হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইড। লোহার সাথে যে জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে তাদের ওজন নেওয়া সম্ভবপর হলে দেখানো যেত ঐ ওজন এবং লোহার যতটুকু

ওজন বৃদ্ধি পেয়েছে সেই ওজন সমান। আসলে, আবদ্ধ পাত্রে বিক্রিয়া ঘটিয়ে দুটি ক্ষেত্রেই খুব সহজেই প্রমাণ করা যায় যে প্রকৃতপক্ষে ভরের কোন পরিবর্তন হয়নি।

[এখানে একটি বিষয় উল্লেখ্য : আমরা জানি ভর এবং শক্তি পরস্পরে পরিবর্তনীয়। কাজেই কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির উদ্ভব বা অভাব হলে ভরের পরিবর্তন ঘটবে। তবে সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই পরিবর্তন নিতান্তই নগণ্য। তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রচুর শক্তির উদ্ভব বা অভাব ঘটে —কাজেই ভরের পরিবর্তন নগণ্য নাও হতে পারে। তবুও ভর এবং শক্তিকে একই সত্বা হিসাবে গণ্য করে বলা যায়—ভরের সংরক্ষণ সূত্র সবক্ষেত্রেই প্রযোজ্য ; কারণ যে পরিমাণ শক্তির উদ্ভব বা অভাব হয় গণনার সাহায্যে তার সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ ভর নির্ণয় করলেই দেখা যাবে বিক্রিয়ার আগে-পরে সিষ্টেমের মোট ভর ঠিকই আছে।]

পরীক্ষাগত প্রমাণ :

ল্যাভয়সিঁয়ের পরীক্ষা : পদার্থের অবিনাশিতা প্রকৃত পরীক্ষাদ্বারা প্রথম প্রমাণ করেন ল্যাভয়সিঁয়ে। তিনি কিছু ধাতব টিন-চূর্ণ একটি পরিষ্কার শুষ্ক কাঁচের বকযন্ত্রে নিয়ে বকযন্ত্রের খোলা মুখটি উত্তাপ দিয়ে গলিয়ে বন্ধ করেন। ঠাণ্ডা করে ধাতব-টিনসহ বকযন্ত্রের ওজন নেওয়া হয়। এরপর বেশ কিছুক্ষণ ধরে বকযন্ত্রটিকে উত্তপ্ত করা হয় (তাপমাত্রা টিনের গলনাঙ্কের উপরে রাখা হয় ; চিত্র A 2.1)। উত্তাপের ফলে টিনচূর্ণের কিছু অংশ বকযন্ত্রের মধ্যেকার বায়ুর অক্সিজেনের সাথে সংযুক্ত হয়ে টিনের অক্সাইড গঠন করে। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রটি ঠাণ্ডা করে ওজন নিয়ে দেখা যায় বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে ওজন একই আছে। (যদিও বিক্রিয়া শেষে বকযন্ত্রের



চিত্র A 2.1

মধ্যেকার টিনের অক্সাইড এবং অপরিবর্তিত টিনচূর্ণ বের করে ওজন নিয়ে দেখা যায় বিক্রিয়ার পূর্বে ধাতব টিনের যে ওজন ছিল, বিক্রিয়ার পর সেই ওজন বেড়ে গেছে।) অতএব, ভরের সংরক্ষণ-সূত্র প্রমাণিত।

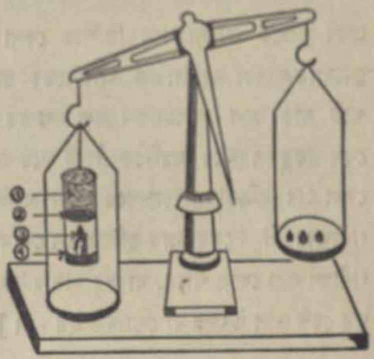
(2) **কাঠ-কয়লার দহন-পরীক্ষা :** একটি গোলতলা-বিশিষ্ট কাঁচের বড় ফ্লাস্ক নেওয়া হল। ফ্লাস্কের মুখটি বায়ুনিরোধক রবারের ছিপির সাহায্যে বন্ধ করা হয়। ছিপির মধ্য দিয়ে দুটি তামার তার ফ্লাস্কটির মধ্যে প্রবিষ্ট করা হয়। একটি তারের প্রান্তে একটি তামার চামচ বা বাটি ঝাল দেওয়া থাকে। রবারের ছিপি খুলে এনে ঐ চামচের উপর একটুকরো কাঠ-কয়লা রাখা হয়। এবারে দ্বিতীয় তামার তারটির সাথে একটি সরু প্লাটিনাম-তার যুক্ত করে, কাঠকয়লার টুকরোটিকে ঐ প্লাটিনাম তার দিয়ে এমন ভাবে পেঁচিয়ে রাখা হয় যাতে প্লাটিনাম তারটির মাধ্যমে তামার তার দুটির মধ্যে সংযোগ ঘটে। ফ্লাস্কটির মধ্যেকার বায়ু অপসারিত করে অক্সিজেন দ্বারা ফ্লাস্কটি ভর্তি করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ুনিরোধক কর্কটি ফ্লাস্কের মুখে শক্ত করে আটকে দেওয়া হয়। (চিত্র A 2.2) সবকিছু এভাবে সাজিয়ে ফ্লাস্কটির ওজন নেওয়া হল। এরপর তামার তার দুটির 1টিকে তড়িৎ কোষের পজিটিভ এবং অপরটিকে নেগেটিভ মেরুর সাথে যুক্ত করা হল। তড়িৎ প্রবাহিত হবার ফলে প্লাটিনাম তারটি লাল তপ্ত হয়ে ওঠে এবং ধীরে ধীরে কাঠ-কয়লার টুকরোটি প্রায় সম্পূর্ণরূপে পুড়ে যায়। দহনের ফলে উৎপন্ন হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড। বিক্রিয়া শেষে তড়িৎ চালনা বন্ধ করে ফ্লাস্ক ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হল। দেখা গেল বিক্রিয়ার আগে যে ওজন ছিল, বিক্রিয়া শেষে এখনও সেই ওজনই আছে। সুতরাং পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণিত।



চিত্র A 2.2

মোমবাতির দহনের পরীক্ষা : (চিত্র A 2.3) একটি দুই মুখ খোলা প্রশস্ত কাঁচ-নল নেওয়া হয়, ঐ নলের উপরের অংশে একটি তামার তারজালির (2) উপরে সিক্ত চুন ও কষ্টিক সোডার মিশ্রণ (1) রাখা হয়। নলটির নীচের অংশ একটি সছিদ্র ছিপি-দ্বারা (4) বন্ধ থাকে। নীচের ছিপিটি খুলে তার উপরে একটি মোমবাতি (3) রেখে ছিপিটি বন্ধ করা হয় এবং নলটি একটি রাসায়নিক তুলাদণ্ডের বাম পাল্লা থেকে ঝুলিয়ে দিয়ে ওজন নেওয়া হয়। এরপর নীচের ছিপিটি আবার খুলে মোমবাতিটি জ্বালিয়ে সঙ্গে সঙ্গেই সতর্কতার সাথে আবার

নলে লাগিয়ে দেওয়া হয় এবং তুলাদণ্ডের বাঁদিকের পাল্লা থেকে আগের মতোই ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। নলের মধ্যেকার বায়ুর সংযোগে মোমবাতিটি জ্বলতে থাকে। দহনের ফলে উৎপন্ন হয় CO_2 গ্যাস ও জল, উহারা নলের উপরের অংশে তারজালির উপরে রাখা সিক্ত চুন ও কষ্টিক সোডা মিশ্রণ দ্বারা শোষিত হয়। এর ফলে নলটির মধ্যে আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয়, ফলে বাইরের বায়ু নলের মধ্যে আকর্ষিত হয়, এবং বাতি আরও জ্বলতে থাকে। এইভাবে জ্বলতে জ্বলতে বাতিটি যখন নিভে যায়, তখন যন্ত্রকে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। দেখা যায় **ওজন কমে না, বরং বেড়ে যায়।** এর কারণ বাতির মধ্যেকার কার্বন ও হাইড্রোজেনের সাথে নলের মধ্যে আকর্ষিত **বাইরের বায়ুর অক্সিজেন** সংযুক্ত হয়েছে। এর ফলেই নলের ওজন বৃদ্ধি পেয়েছে। ওজন যেটুকু বেড়েছে সেটুকু বাইরে থেকে নলের মধ্যে যাওয়া অক্সিজেনের ওজন।



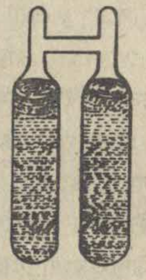
চিত্র A 2.3—বাতি পরীক্ষা
(1) চুন+কষ্টিক সোডা, (2) তারজালি, (3) বাতি, (4) সছিদ্র ছিপি

(আসলে বাতির ও যুক্ত অক্সিজেনের মোট ওজন=জলীয় বাষ্প ও কার্বন-ডাই অক্সাইড ও বাতির অদাহ্য অবশেষের মোট ওজন।)

ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা ঃ ল্যাণ্ডোল্ট প্রায় 15 বছর (1893 – 1908) ধরে ভরের নিত্যতা সূত্রের সত্যতা নিরূপক কতকগুলি উল্লেখযোগ্য পরীক্ষা চালান। তাঁর পরীক্ষা পদ্ধতি নিম্নরূপ ঃ

একটি H আকৃতির কাঁচের নলের দুটি বাহুর একটিতে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড দ্রবণ (A) এবং অপরটিতে আয়োডিক অ্যাসিড দ্রবণ (B) নিয়ে নল দুটির খোলা মুখ দুটি উত্তাপের সাহায্যে গলিয়ে বন্ধ করা হয় (চিত্র A 2.4) এবং অতি

সূক্ষ্ম রাসায়নিক তুলাদণ্ডের সাহায্যে দ্রবণ দুটিসহ কাঁচনলটির ওজন নেওয়া হয় (ঠাণ্ডা অবস্থায়)। লক্ষ্য রাখতে হবে নলের দুটি বাহুর দ্রবণ দুটি যেন মিশে না যায়। এরপর H নলটি উল্টে ফেলে দ্রবণ দুটিকে ভালোভাবে মিশিয়ে ফেলা হয়—ফলে হাই-ড্রায়োডিক এবং আয়োডিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে যার ফলে আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া শেষে বেশ কিছুক্ষণ পরে যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। দেখা যায় বিক্রিয়ার আগে-পরে ওজন একই থাকে। [এই পরীক্ষায় H নলের বাহু দুটিতে যে কোনও দুটি দ্রবণ নিয়ে পরীক্ষা করা যেতে পারে, যাদের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে খুব বেশী তাপ উৎপন্ন বা শোষিত হয় না।]



দ্রবণ A দ্রবণ B
চিত্র A 2.4—
ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা

স্থিরানুপাত বা নির্দিষ্টানুপাত সূত্র। (প্রাউস্ট 1797 সালে সূত্রটি উদ্ভাবন করেন।) **যখন দুই বা ততোধিক মৌল পরস্পর রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত হয়ে একটি নির্দিষ্ট যৌগ গঠন করে তখন মৌলগুলি মিলিত হয় ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে।** বা অন্যভাবে বলা যায়—**কোন নির্দিষ্ট যৌগে তার উপাদান মৌলগুলির ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট।**

মনে করি, X ও Y দুটি মৌল পরস্পরের সাথে রাসায়নিক সংযোগে XY যৌগটি উৎপন্ন করে। মনে করি, XY যৌগটি তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়।

এখন, যদি—প্রথম পদ্ধতিতে x গ্রাম X y গ্রাম Y-এর সাথে যুক্ত হয়
দ্বিতীয় পদ্ধতিতে a গ্রাম X b গ্রাম Y-এর সাথে যুক্ত হয়
এবং তৃতীয় পদ্ধতিতে m গ্রাম X n গ্রাম Y-এর সাথে যুক্ত হয়

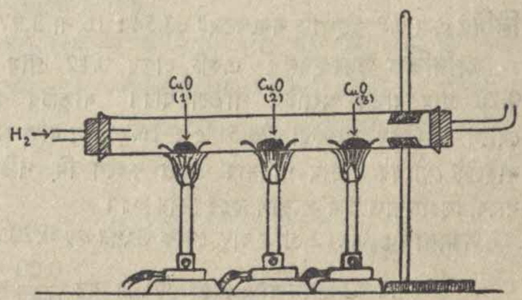
তবে, নির্দিষ্টানুপাত সূত্র বলে যে, $\frac{x}{y}=\frac{a}{b}=\frac{m}{n}$

যৌগিক পদার্থ জল দুটি মৌল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। বিভিন্ন স্থত্র (যেমন নদী, সমুদ্র, কূপ, ঝরনা ইত্যাদি) থেকে জল সংগ্রহ করা যেতে পারে এবং রাসায়নিক উপায়েও জল প্রস্তুত করা যায়। যেখান থেকেই জল নেওয়া যাক না কেন, **বিশুদ্ধ** জল বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় 18 ভাগ ওজনের জলে সব সময়েই 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন থাকে।

অর্থাৎ জলে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত (16 : 2 বা 8 : 1) সর্বদাই একই।

[প্রশ্ন 2.1 : স্থিরানুপাত সূত্রটি কটি মৌল এবং তাদের কটি যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ?]

পরীক্ষাগত প্রমাণ : কিউপ্রিক অক্সাইড বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যেতে পারে। এইরূপ বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইডের তিনটি নমুনা দেওয়া হল। তিনটি পোর্সেলিনের নৌকা উত্তমরূপে পরিষ্কার এবং শুষ্ক করে বেশ কিছুক্ষণ ধরে উত্তপ্ত করা হল, তারপর শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে এদের ওজন নেওয়া হল। উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া চলতে থাকল যতক্ষণ পর্যন্ত না ওজন নিত্য হয়। এরপর 1, 2 ও 3নং নৌকায় প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ কিউপ্রিক অক্সা-ইডের 1, 2 ও 3 নং নমুনা যথাক্রমে নিয়ে নমুনাসহ প্রতিটি নৌকার ওজন নেওয়া হল। নমুনাসহ নৌকা তিনটি প্রশস্ত দহন-নলে খানিকটা দূরত্ব বজায় রেখে পর পর স্থাপিত করে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল (চিত্র A 2.5)। উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়ে লাল ধাতব কপারে পরিণত হয় (বিক্রিয়া : $CuO + H_2 = uC + H_2 O$)। বিজারণ সম্পূর্ণ হলে পোর্সেলিন নৌকাগুলি শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। এইভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া চলতে থাকে, যতক্ষণ ওজন নিত্য না হয়।



চিত্র A 2.5—
স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

পরীক্ষা শেষে এইভাবে গণনা করা হয় ঃ

মনে করি ঃ 1নং নৌকার ওজন=a গ্রাম

(1নং নৌকা+CuO [1নং নমুনা]) এর ওজন=b গ্রাম

(1নং নৌকা+Cu) এর ওজন=c গ্রাম

∴ CuO (1নং নমুনা) এর ওজন=(b−a) গ্রাম

এবং Cu-এর ওজন=(c−a) গ্রাম

তাহলে Cu-এর সাথে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন=[(b−a)−(c−a)] গ্রাম
=(b−c) গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{Cu-এর ওজন}}{\text{Cu-এর সাথে যুক্ত } O_2 \text{ এর ওজন}}=\frac{c-a}{b-c}$$

অনুরূপভাবে 2নং এবং 3নং নমুনায় Cu এবং যুক্ত অক্সিজেনের অনুপাত নির্ণয় করা হয়। দেখা যায় CuO-এর প্রতিটি নমুনাতেই **ওজনের এই অনুপাত নির্দিষ্ট** এবং এই অনুপাত সবক্ষেত্রেই 63.54 ঃ 16 বা 3.97 ঃ 1.

গাণিতিক উদাহরণ ঃ একটি ধাতুর 0.12 গ্রাম বায়ুতে উত্তপ্ত করলে 0.20 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির কার্বনেট এবং নাইট্রেট যৌগে যথাক্রমে শতকরা 28.5 এবং 16.2 ভাগ ধাতু আছে। কার্বনেট এবং নাইট্রেট যৌগের 1 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাবে, স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করে নির্ণয় কর। (H. S. 1963)

সমাধান ঃ 0.12 গ্রাম ধাতু থেকে উৎপন্ন হয় 0.20 গ্রাম অক্সাইড।

∴ 1 গ্রাম ধাতু থেকে উৎপন্ন হয় $\frac{0.20}{0.12}$ বা $\frac{5}{3}$ গ্রাম অক্সাইড।

ধাতুর অক্সাইড যে ভাবেই প্রস্তুত হোক না কেন, অক্সাইডে ধাতু এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা একই থাকবে (স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী)। সেক্ষেত্রে 1 গ্রাম ধাতু থেকে সর্বক্ষেত্রেই $\frac{5}{3}$ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাবে।

এখন, ধাতুর কার্বনেটের 100 ভাগ ওজনে ধাতু আছে 28.5 ভাগ।

∴ **ঐ কার্বনেটের 1 গ্রাম ওজনে** ধাতু আছে $\frac{28{\cdot}5}{100}$ বা 0.285 গ্রাম।

এখন, 1 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যায় $\frac{5}{3}$ গ্রাম

∴ 0.285 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যাবে $\frac{5}{3}\times 0.285$ বা 0.475 গ্রাম

অনুরূপভাবে, **1 গ্রাম নাইট্রেট যৌগে** ধাতুর পরিমাণ= $\frac{16{\cdot}2}{100}$ বা 0·162 গ্রাম। 0.162 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যাবে $\frac{5}{3}\times 0.162$ বা 0.27 গ্রাম

অর্থাৎ, অক্সাইডের নির্ণেয় পরিমাণ যথাক্রমে 0.475 গ্রাম এবং 0.27 গ্রাম।

গুণানুপাত সূত্র (সূত্রটি দেন ডালটন 1803 সালে) **ঃ যখন দুটি মৌল পরস্পরের রাসায়নিক সংযোগে একাধিক যৌগ উৎপন্ন করে, তখন একটি মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সাথে অপর মৌলটি যে যে ওজনে**

যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল-অনুপাত বর্তমান থাকে। (সরল-অনুপাত বলতে ছোট ছোট পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত, যেমন—1 : 1, 1 : 2, 2 : 3 ইত্যাদি বোঝায়।)

উদাহরণঃ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন এই দুটি মৌল দুটি যৌগ গঠন করে—একটি জল (H_2O) এবং অপরটি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)।

জলে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত থাকে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন। এবং **হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে** 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত থাকে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং, হাইড্রোজেনের একই ওজন, অর্থাৎ 2 ভাগ ওজনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন দুটি যথাক্রমে 16 এবং 32 ভাগ। এদের অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2। ইহা একটি **সরল-অনুপাত**।

অনুরূপভাবে, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন মৌল দুটি পরস্পরের সংযোগে 5টি অক্সাইড যৌগ গঠন করে, যথা—নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3), নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5)।

N_2O-তে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত আছে **16** ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

বা **14** ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত আছে **8** ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

NO-তে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত আছে **16** ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

N_2O_3-তে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত থাকে **48** ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

বা **14** ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত থাকে **24** ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

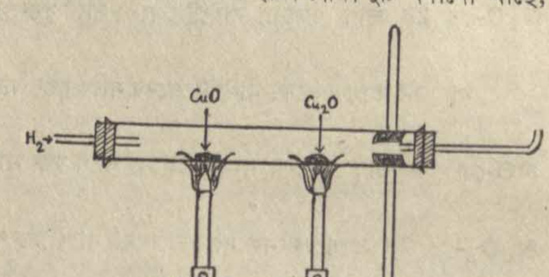
NO_2-তে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে **32** ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

এবং **N_2O_5-তে 28** ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে **80** ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

বা **14** ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সাথে **40** ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে।

সুতরাং নাইট্রোজেনের একই ওজন অর্থাৎ 14 ভাগ ওজনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত = 8 : 16 : 24 : 32 : 40 বা 1 : 2 : 3 : 4 : 5 (প্রতিটি সংখ্যাকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 8 দিয়ে ভাগ করে)। এই অনুপাত সরল-অনুপাত।

পরীক্ষাগত প্রমাণঃ দুটি পোর্সেলিনের নৌকা উত্তমরূপে পরিষ্কার করে শুষ্ক করা হল। নৌকা দুটিকে উত্তপ্ত করবার পর শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হল। উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চলতে থাকল, যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রতিটি নৌকার ওজন নিত্য হয়। এরপর প্রথম নৌকায় প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) এবং দ্বিতীয় নৌকায় প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) নেওয়া হল। নমুনাসহ নৌকা দুটির ওজন নেওয়া হল। এবারে নমুনাসহ নৌকা দুটি অনুভূমিকরূপে স্থাপিত একটি শক্ত ও প্রশস্ত কাচের দহন-নলের মধ্যে সামান্য দূরত্ব বজায় রেখে স্থাপন করা হল। নলের দুইদিকের খোলা মুখে দুটি সরু নলযুক্ত ছিপি লাগানো হল, একটি নল দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস দহন-নলে প্রবেশ করানো হয় (অপর নলটি দিয়ে জলীয় বাষ্প এবং অতিরিক্ত H_2 বেরিয়ে যায়) এবং সঙ্গে সঙ্গে দহন-নলের যে যে স্থানে নৌকা দুটি বসানো আছে, তার নীচে বার্নার রেখে প্রথমে মৃদু-ভাবে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র A 2.6)। উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) এবং লাল কিউ-প্রাস অক্সাইড



A 2.6—চিত্র
গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

H_2 দ্বারা বিজারিত হয়ে লাল ধাতব কপারে পরিণত হয় (বিক্রিয়া: $CuO + H_2 = Cu + H_2O$ এবং $Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O$)। বিজারণ সম্পূর্ণ হলে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহ বন্ধ করে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব ও শুষ্ক বিশুদ্ধ কপার সহ নৌকা দুটি শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। হাইড্রোজেন-

গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চলতে থাকে, যতক্ষণ না ওজন নিত্য হয়। এইভাবে গণনা করা হয়ঃ

মনে করি, প্রথম নৌকার ওজন $=a$ গ্রাম

(নৌকা $+CuO$) এর ওজন $=b$ গ্রাম

এবং (নৌকা $+Cu$) এর ওজন $=c$ গ্রাম

$\therefore$ CuO-এর ওজন $=(b-a)$ গ্রাম এবং CuO থেকে উৎপন্ন Cu-এর ওজন $=(c-a)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu-এর সাথে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=[(b-a)-(c-a)]$ গ্রাম $=(b-c)$ গ্রাম।

তাহলে, CuO-এ $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেনের সাথে যুক্ত Cu-এর ওজন $=(c-a)$ গ্রাম।

$\therefore$ CuO-এ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সাথে যুক্ত Cu-এর ওজন $=\frac{c-a}{b-c}$ গ্রাম।

অনুরূপভাবে, মনে করি দ্বিতীয় নৌকার ওজন $=x$ গ্রাম

(নৌকা $+Cu_2O$) এর ওজন $=y$ গ্রাম

এবং (নৌকা $+Cu$) এর ওজন $=z$ গ্রাম।

তাহলে, Cu_2O-এর ওজন $=(y-x)$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন $=(z-x)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu-এর সাথে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=[(y-x)-(z-x)]$ বা $(y-z)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu_2O-এ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সাথে যুক্ত Cu-এর ওজন $=\left(\frac{z-x}{y-z}\right)$ গ্রাম।

অর্থাৎ, অক্সাইড দুটিতে অক্সিজেনের **একই ওজন (1গ্রাম)**-এর সাথে যুক্ত Cu-এর ওজন দুটি যথাক্রমে $\frac{c-a}{b-c}$ এবং $\frac{z-x}{y-z}$ গ্রাম। এদের অনুপাত $=\frac{c-a}{b-c}:\frac{z-x}{y-z}$। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় এই অনুপাতটি সর্বদাই $1:2$, অর্থাৎ অনুপাতটি সরল-অনুপাত। সুতরাং গুণানুপাত-সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

গাণিতিক উদাহরণঃ (1) লেডের তিনটি অক্সাইডে লেডের শতকরা ওজনগত পরিমাণ যথাক্রমে 92.85, 90 63 এবং 86.51 ; দেখাও যে তথ্যগুলি গুণানুপাত-সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

সমাধান ঃ লেডের অক্সাইড যৌগে মৌল দুটি লেড ও অক্সিজেন।

প্রথম অক্সাইডে **অক্সিজেনের** শতকরা ওজনগত পরিমাণ $=(100-92.85)=7.15$

দ্বিতীয় অক্সাইডে **অক্সিজেনের** শতকরা ওজনগত পরিমাণ $=(100-90.63)=9.37$

এবং তৃতীয় অক্সাইডে **অক্সিজেনের** শতকরা ওজনগত পরিমাণ=

$(100-86.51)=13.49$

∴ প্রথম অক্সাইডে 7.15 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত আছে

92.85 ভাগ ওজনের লেড

বা 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত আছে

$\frac{92.85}{7.15}$ বা **13** ভাগ ওজনের লেড

দ্বিতীয় অক্সাইডে 9.37 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত লেডের ওজন

90.63 ভাগ

∴ 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত লেডের ওজন

$\frac{90.63}{9.37}$ ভাগ বা **9.67** ভাগ

তৃতীয় অক্সাইডে 13.49 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত লেডের ওজন

86.51 ভাগ

∴ 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত লেডের ওজন

$\frac{86.51}{13.49}$ বা **6.41** ভাগ

অক্সিজেনের একই ওজন অর্থাৎ 1 ভাগ ওজনের সাথে যুক্ত লেডের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত 13 : 9.67 : 6.41। সবচেয়ে ছোট সংখ্যা 6.41 দ্বারা প্রতিটি সংখ্যাকে ভাগ করে অনুপাতটি হয় 2 : 1.5 : 1 বা **4 : 3 : 2** (প্রতিটি সংখ্যাকে 2 দিয়ে গুণ করে)। এই অনুপাতটি সরল-অনুপাত। ∴ প্রদত্ত তথ্য গুণানুপাত সূত্রের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ। [নিয়ম : (ক) দুটি মৌলের মধ্যে একটি মৌলের ওজন স্থির রাখতে হবে। (খ) ঐ স্থির ওজনের সাথে অপর মৌলটি যে ওজনগুলিতে মিলিত হয়েছে সেই ওজনগুলির অনুপাত নির্ণয় করতে হবে। (গ) ঐ অনুপাত যদি পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না হয় তবে সবচেয়ে ছোট সংখ্যাটি দ্বারা প্রতিটি সংখ্যাকে ভাগ করতে হবে। (ঘ) তখনও পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না হলে প্রতিটি সংখ্যাকে একটি ছোট্ট সংখ্যা (যেমন 2, 3) দ্বারা গুণ করতে হবে যাতে প্রতিটি সংখ্যা পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত হয়।]

মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal proprotions) :

[রিক্টার, 1792]

দুই বা ততোধিক মৌল পৃথকভাবে যে যে ওজনে নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলের সাথে মিলিত হয়, প্রথমোক্ত মৌলগুলির মধ্যে মিলন সম্ভবপর হলে, তারা সেই সেই ওজনে অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক ওজনে পরস্পরের সাথে মিলিত হয়।

উদাহরণঃ কার্বন এবং হাইড্রোজেন পৃথক পৃথকভাবে অক্সিজেনের সাথে যৌগ গঠন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে

32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় 12 ভাগ ওজনের কার্বন।

বা, 16 ,, ,, ,, ,, ,, ,, 6 ,, ,, ,,

জলে, 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন।

স্থতরাং কার্বন এবং হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে মিথোহুপাত সূত্র বলে যে এরা মিলিত হবে হয় 6 এবং 2 ভাগ ওজনে অথবা $6x : 2y$ এই ওজনের অনুপাতে (x এবং y সরল সংখ্যা)।

প্রকৃতপক্ষে কার্বন এবং হাইড্রোজেন মিলে অনেক যৌগ গঠন করে। তার কয়েকটি এখানে দেওয়া হল ঃ

মিথেনে (CH_4) 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সাথে 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত

∴ ওজনের অনুপাত $2 \times 6 : 2 \times 2$

ইথেনে (C_2H_6) 24 ভাগ ওজনের কার্বনের সাথে যুক্ত 6 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন

∴ ওজনের অনুপাত $4 \times 6 : 3 \times 2$.

ইথিলীনে (C_2H_4) 24 ভাগ ওজনের কার্বনের সাথে যুক্ত আছে 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন

∴ ওজনের অনুপাত $4 \times 6 : 2 \times 2$

অর্থাৎ, উপরের তথ্যগুলি মিথোহুপাত সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। মিথোহুপাত সূত্র আসলে **তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্রেরই** বিশেষ প্রকাশ। **বিভিন্ন মৌল পরস্পরের সাথে রাসায়নিক সংযোগের ক্ষেত্রে নিজেদের তুল্যাঙ্কের অনুপাত অথবা তুল্যাঙ্কের সরল গুণিতক ওজনের অনুপাতে মিলিত হয়।** —ইহাই **তুল্যাঙ্ক-অনুপাত** বা **যোজন-ভার সূত্র।** [তুল্যাঙ্ক সম্পর্কে আলোচনা পঞ্চম অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]

কার্বনের তুল্যাঙ্ক 3 এবং হাইড্রোজেন 1 ; স্থতরাং, কার্বন এবং হাইড্রোজেন মিলিত হলে তাদের ওজনের অনুপাত হবে $3 : 1$ বা $3m : n$ (m এবং n সরল সংখ্যা)।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ :

প্রতিটি পদার্থই যে অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য কণা-সমবায়ে গঠিত—এই ধারণা খ্রীষ্টের জন্মের বহু পূর্ব থেকেই প্রচলিত ছিল। ভারতীয় দার্শনিক কনাদ্ এই ধরনের কণাকে বলেন **পরমাণু**, গ্রীক দার্শনিকেরাও এইরূপ কণার কল্পনা করেছিলেন। কিন্তু, পরমাণু সম্পর্কে বিজ্ঞানসম্মত ধারণা প্রথম দেন ইংরেজ স্কুলশিক্ষক জন ডাল্টন 1803 সালে—তাঁর এই মতবাদ **পরমাণুবাদ** হিসাবে পরিচিত। সামান্য পরিবর্তিত আকারে এই পরমাণুবাদ নিম্নরূপ :

(1) প্রতিটি মৌলিক পদার্থ কতকগুলি অতি-ক্ষুদ্র, বিচ্ছিন্ন এবং অবিভাজ্য কণা-সমবায়ে গঠিত। এই কণাকে বলে অ্যাটম বা পরমাণু। (অ্যাটম কথাটি এসেছে গ্রীক-শব্দ atomos থেকে—এর অর্থ 'অবিভাজ্য')।

(2) পরমাণুকে সৃষ্টি করাও যায় না, ধ্বংস করাও যায় না।

(3) একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণুগুলি ওজনে, আকারে এবং ধর্মেও এক।

(4) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে, আকারে এবং ধর্মে পৃথক।

(5) যখন বিভিন্ন মৌলের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়, তখন ঐ বিক্রিয়া হয় মৌলগুলির পরমাণুদের মধ্যে। (অর্থাৎ, পরমাণু রাসায়নিক বিক্রিয়ার একক)।

(6) মৌলগুলির যৌগ-গঠনকালে মৌলগুলির পরমাণুরা মিলিত হয় পূর্ণ সংখ্যার সরল-অনুপাতে।

(7) মৌলগুলির যোজন-ভার বলতে তাদের পরমাণুদের যোজন-ভার বোঝায়।

[একটি উদাহরণ নিলে ডাল্টনের পরমাণুবাদ সম্পর্কে ধারণা স্বচ্ছ হবে : মৌল হাইড্রোজেন অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হাইড্রোজেন-পরমাণু দ্বারা গঠিত। প্রতিটি হাইড্রোজেন-পরমাণু ওজনে, আকারে ও ধর্মে এক। কিন্তু হাইড্রোজেন-পরমাণু অক্সিজেন পরমাণু থেকে ওজনে, আকারে ও ধর্মে পৃথক। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে (অবশ্যই নির্দিষ্ট শর্তে) জল গঠন করে। পরমাণুবাদ অনুযায়ী এই বিক্রিয়া ঘটে মৌল 2টির পরমাণুদের মধ্যে। এই বিক্রিয়ায় 2টি হাইড্রোজেন-পরমাণু 1টি অক্সিজেন-পরমাণুর সাথে মিলে জলের 1টি অণু গঠন করে। সুতরাং পরমাণুগুলি মিলিত হয়েছে সরল সংখ্যার (2 : 1) অনুপাতে।

এখানে কয়েকটি বিষয় উল্লেখ্য : (1) ডাল্টন তাঁর পরমাণুবাদ দেন রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের প্রথম দুটির উপর ভিত্তি করে। (2) ডাল্টনের মূল পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি পদার্থেরই (পদার্থ মৌল বা যৌগ যাই হোক না কেন) ক্ষুদ্রতম কণা পরমাণু—মৌলের পরমাণু 'মৌল-পরমাণু' এবং যৌগের

পরমাণু 'যৌগ-পরমাণু'—পরবর্তীকালে যৌগের ক্ষুদ্রতম কণাকে বলা হয় অণু-পরমাণু নয়। (3) পরমাণুবাদ অনুযায়ী রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলির পরমাণুসমূহের বিন্যাসান্তর ঘটে মাত্র।]

ডাল্টনের পরমাণুবাদের গুণ-ত্রুটি ইত্যাদি সম্পর্কীয় আলোচনা :

পরমাণু সম্পর্কে আধুনিক মতবাদের দৃষ্টি-কোণ থেকে বিচার করলে ডাল্টনের পরমাণুবাদের সবটাই ত্রুটিমুক্ত বা সঠিক নয় :

(1) ডাল্টনের মতে পরমাণুই পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, কিন্তু পরবর্তীকালে প্রমাণিত হয়েছে পরমাণু আরও ক্ষুদ্রতর কণা ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি (যাদের বলা হয় মূল কণা বা fundamental particles) সমবায়ে গঠিত।

(2) ডাল্টনের মতে পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙে যায়, তাছাড়া বিভাজন বিক্রিয়া (fission) ঘটিয়েও তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুকে ভাঙা সম্ভবপর। (এই বিষয়গুলি সম্পর্কে বিস্তারিত পরে জানা যাবে)।

(3) ডাল্টনের মতে মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন। কিন্তু আধুনিক মতবাদ অনুযায়ী একই মৌলের বিভিন্ন ওজন-যুক্ত পরমাণু থাকতে পারে—এদের বলা হয় **'আইসোটোপ'**, এদের ধর্মেও খানিকটা পার্থক্য দেখা যায়।

(4) বিভিন্ন মৌলের একই ওজন-যুক্ত পরমাণু থাকতে পারে—যাদের বলা হয় **আইসোবার**—ডাল্টনের মতে কিন্তু বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন পৃথক হবে।

এছাড়াও (5) ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি মৌলের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে, কিন্তু পরমাণুর ওজন বা তাদের তুলনামূলক ওজন নির্ণয়ের **সঠিক** পন্থা পরমাণুবাদ দিতে পারে নি। (6) মৌল এবং যৌগের ক্ষুদ্রতম কণার মধ্যে পার্থক্য নির্ণয়ে ডাল্টনের পরমাণুবাদ অপারগ। (7) গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা করতেও পরমাণুবাদ অসমর্থ।

এইসব ত্রুটি সত্ত্বেও ডাল্টনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব এবং অবদান অসীম।

(1) পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা সম্পর্কীয় বিজ্ঞানসম্মত ধারণা এই মতবাদের ভিত্তিতেই গড়ে ওঠে। এই ধরনের কণা সম্পর্কে পরবর্তীকালে বিস্তৃততর গবেষণার দ্বার ডাল্টনের পরমাণুবাদই খুলে দেয়।

(2) সঠিক **পারমাণবিক ওজন** নির্ণয়ে যদিও ডাল্টন সফল হতে পারেন নি, তবুও বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর তুলনামূলক ওজন নির্ণয়ের প্রথম প্রয়াস চালান ডাল্টনই—এবং পরবর্তীকালে পারমাণবিক ওজন সম্পর্কীয় গবেষণার পথিকৃৎ হিসাবে তাঁর পরমাণুবাদের অবদান অসীম! আসলে ডাল্টনের সময়ে বিভিন্ন যৌগের সঠিক সংকেত জানা থাকলে, ডাল্টনই পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে সফল হতে পারতেন।

(3) পরমাণুবাদের সাহায্যে ওজন-সম্পর্কীয় রাসায়নিক যোগসূত্রগুলি সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যা করা যায়, আবার রাসায়নিক যোগসূত্রগুলি প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। এর থেকে পরমাণুবাদের সত্যতা প্রমাণিত হয়। তাছাড়া, অতি আধুনিককালে (1970 সালে) ইলেকট্রন-মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে পরমাণুর আলোকচিত্র নেওয়া সম্ভবপর হয়েছে। এ থেকে পদার্থে পরমাণুর উপস্থিতি সন্দেহতীতভাবে প্রমাণিত।

(4) অণু সম্পর্কে অ্যাভোগ্যাড্রোর ধারণার উপর ডাল্টনের পরমাণুবাদের যথেষ্ট প্রভাব রয়েছে।

(5) সূক্ষ্মভাবে বিচার করলে যদিও পরমাণু অবিভাজ্য নয়, কিন্তু **সাধারণ** রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরমাণু অবিভাজ্যই থাকে বলা যেতে পারে—কারণ পরমাণুর বাইরের খোলের ইলেকট্রন কেবলমাত্র এইসব বিক্রিয়ায় অংশ নেয়—মূল কেন্দ্রীয় অংশ অপরিবর্তিতই থাকে।

(6) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়াকারী পদার্থগুলির মাত্র 1টি বা 2টি পরমাণু অংশ নেয় না—অসংখ্য, অসংখ্য পরমাণু বিক্রিয়ায় অংশ নেয়, একই মৌলের বিভিন্ন ওজন-যুক্ত পরমাণু বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে। কিন্তু এই ধরনের অসংখ্য পরমাণু এমন ওতপ্রোতভাবে মিশে যায় যে পরিসংখ্যানগতভাবে তাদের **গড়-পারমাণবিক ওজন** একই হবে। রসায়নবিজ্ঞানীর কাছে এই গড় ওজনই যথেষ্ট—কাজেই ডাল্টনের পরমাণুবাদে যে বলা হয়েছে একই মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে একই—যদিও এই ধারণা সম্পূর্ণ সত্য নয়—তাহলেও সাধারণভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কীয় গণনাতে এই ধারণা মারাত্মক ভুলের সৃষ্টি করে না।

কাজেই ডাল্টনের পরমাণুবাদের মূল ধারণার গুরুত্ব কিছুমাত্র কমেনি, সামান্য পরিবর্তিত আকারে এর প্রয়োজনীয়তা এখনও যথেষ্ট রয়ে গেছে।

পরমাণুবাদের আলোকে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির ব্যাখ্যা :

ভরের নিত্যতা-সূত্র : ডাল্টনের মতে পরমাণু অবিভাজ্য, পরমাণুকে সৃষ্টি করাও যায় না, ধ্বংস করাও যায় না। যখন বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তখন এই বিক্রিয়ায় অংশ নেয় ঐ পদার্থগুলির পরমাণুসমূহ। বিক্রিয়াজাত পদার্থেও ঐ পরমাণুগুলিই থাকবে, কেবল তাদের বিন্যাসান্তর ঘটবে মাত্র (বলা যায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুগুলি সাথী-বদল করে মাত্র)। যেহেতু পরমাণুকে ধ্বংস করা যায় না, কাজেই বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে পরমাণুর সংখ্যা একই থাকে। এখন, পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ভর বা ওজন আছে। সুতরাং, পরমাণুর সংখ্যা যদি এক থাকে, তাহলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরে মোট ভরও একই থাকবে।

নির্দিষ্টানুপাত-সূত্র : মনে করা যাক A ও B দুটি মৌল পরস্পরের রাসায়নিক সংযোগে একটি যৌগ AB উৎপন্ন করে। ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী সংযোগ ঘটে আসলে A এবং B-এর পরমাণুদের মধ্যে। যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ পরমাণু ভগ্নাংশ হতে পারে না, সুতরাং A-এর নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যক পরমাণু (মনে করি x সংখ্যক) B-এর নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যক পরমাণুর (মনে করি y সংখ্যক) সাথে যুক্ত হয়ে নির্দিষ্ট সংখ্যক AB-এর অণু (ডাল্টনীয় মতে যৌগ পরমাণু) উৎপন্ন করে।

আবার, পরমাণুবাদ অনুসারে প্রতিটি পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। সুতরাং নির্দিষ্ট ওজনের A, নির্দিষ্ট ওজনের B-এর সাথে যুক্ত হয়ে নির্দিষ্ট ওজনের AB যৌগ গঠন করে। অর্থাৎ, AB যৌগে A ও B-এর ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট। (মনে করি, প্রতিটি A পরমাণুর ওজন a গ্রাম এবং প্রতিটি B পরমাণুর ওজন b গ্রাম, তাহলে x সংখ্যক A পরমাণুর ওজন ax গ্রাম এবং y সংখ্যক B পরমাণুর ওজন by গ্রাম, সুতরাং বিক্রিয়ক A ও B-এর ওজনের অনুপাত $= ax : by$, এই অনুপাতটি নির্দিষ্ট।)

গুণানুপাত সূত্র : মনে করি দুটি মৌল A ও B পরস্পরের সংযোগে তিনটি যৌগ AB, AB_2 এবং A_2B উৎপন্ন করে। ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী মৌলগুলির পরমাণুরা পূর্ণ সংখ্যার সরল-অনুপাতে মিলিত হয়ে যৌগ গঠন করে। সুতরাং, A ও B মৌল দুটির সংযোগের ক্ষেত্রে এদের সংযোগী পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হবে সরল-অনুপাত, যেমন 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, 1 : 3, 3 : 1 ইত্যাদি। মনে করি, AB যৌগে A-এর 1টি পরমাণুর সাথে B-এর 1টি পরমাণু মিলিত হয়,

AB_2 যৌগে A-এর 1টি পরমাণুর সাথে মিলিত হয় B-এর 2টি পরমাণু এবং A_2B যৌগে A এর 2টি পরমাণুর সাথে B এর 1টি পরমাণু যুক্ত হয়। আবার, পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি মৌলের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। মনে করি, A মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন x গ্রাম এবং B মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন y গ্রাম। তাহলে, পরমাণু-সংখ্যার পরিবর্তে ওজন হিসাবে লেখা যায়:

AB যৌগে x গ্রাম A-এর সাথে যুক্ত B-এর ওজন = y গ্রাম।
AB_2 যৌগে x ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, = 2y গ্রাম।
এবং A_2B যৌগে 2x ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, = y গ্রাম।

বা, x ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, = $\frac{y}{2}$ গ্রাম।

সুতরাং, ঐ তিনটি যৌগে A-এর নির্দিষ্ট ওজন x গ্রামের সাথে যুক্ত B-এর বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত = $y : 2y : \frac{y}{2}$ বা $1 : 2 : \frac{1}{2}$ বা $2 : 4 : 1$, এই অনুপাতটি একটি সরল-অনুপাত।

মিথোনুপাত-সূত্র : মনে করি দুটি মৌল A ও B তৃতীয় একটি মৌল C-এর সাথে পৃথক পৃথকভাবে যৌগ AC ও BC গঠন করে এবং তারা নিজেদের মধ্যে সংযোগেও যৌগ গঠন করে (মনে করি AB যৌগ)। ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী মৌলগুলির পরমাণুসমূহ সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে মিলিত হয়ে যৌগ গঠন করে। মনে করি AC যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে A-এর 1টি পরমাণু C-এর 1টি পরমাণুর সাথে মিলিত হয় এবং BC যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে B-এর 1টি পরমাণুর সাথে মিলিত হয় C-এর 1টি পরমাণু। আবার, পরমাণুবাদ অনুসারে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর নির্দিষ্ট ওজন আছে। মনে করি A, B ও C মৌলের প্রতি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a, b ও c গ্রাম। তাহলে লেখা যায়—

AC যৌগে a গ্রাম A-এর সাথে যুক্ত আছে c গ্রাম C
এবং BC যৌগে b গ্রাম B-এর সাথে যুক্ত আছে c গ্রাম C

সুতরাং, তৃতীয় মৌল C-এর নির্দিষ্ট ওজন (c গ্রাম) এর সাথে যুক্ত A ও B-এর ওজন দুটি যথাক্রমে a ও b ; এবারে, A ও B পরস্পরে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে তাদের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হবে হয় 1 : 1 বা x : y (x ও y সরল পূর্ণসংখ্যা, কারণ পরমাণুগুলি সরল পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে মিলিত হয়)।

যদি AB যৌগে A ও B-এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত 1 : 1 হয় তবে তাদের ওজনের অনুপাত হবে a : b। আবার পরমাণু সংখ্যার অনুপাত যদি x : y হয়

তবে ওজনের অনুপাত হবে xa : yb। অর্থাৎ, A ও B যে যে ওজনে পৃথকভাবে নির্দিষ্ট ওজনের C-এর সাথে মিলিত হয়েছিলো, সেই ওজনের অনুপাতে (a : b) অথবা তাদের সরল গুণিতক ওজনের অনুপাতে ($x \times a : y \times b$) মিলিত হয়ে নিজেদের মধ্যে যৌগ গঠন করে।

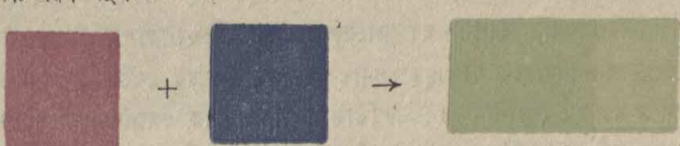
[এখানে একটি বিষয় উল্লেখ্য : উপরের আলোচনায় পরমাণুর প্রকৃত ওজনের উল্লেখ করা হয়েছে, এসব ক্ষেত্রে প্রকৃত ওজন না নিয়ে তুলনামূলক ওজন-পারমাণবিক ওজন ব্যবহৃত হলেও ওজনের অনুপাত একই হবে।]

গে লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্র : 1808 সালে ফরাসী রসায়ন-বিজ্ঞানী যোশেফ লুই গে লুসাক তাঁর গ্যাসায়তন-সূত্র দেন। সূত্রটি নিম্নরূপ :

যখন বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে মিলিত হয়, তখন তারা মিলিত হয় আয়তনের সরল-অনুপাতে এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় হলে, তার আয়তনও বিক্রিয়াকারী গ্যাসগুলির আয়তনের সাথে সরল-অনুপাত রক্ষা করে, অবশ্য প্রতিটি গ্যাসের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় নির্ণীত হলে। (ধরে নেওয়া হয় গ্যাসগুলির আয়তন বিক্রিয়ার আগে-পরে একই থাকে।) এই সূত্রটি প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ তথ্যের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। যেমন :

(1) হাইড্রোজেন গ্যাস ক্লোরিন গ্যাসের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে মিলিত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

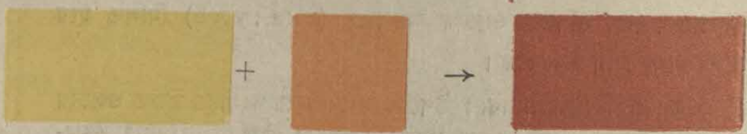
প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায়, এক্ষেত্রে একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন, 1 আয়তন ক্লোরিনের সাথে মিলে 2 আয়তন হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, গ্যাস তিনটির আয়তনের অনুপাত 1 : 1 : 2 ইহা একটি সরল-অনুপাত।



চিত্র A 2.7

(2) একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় (তাপমাত্রা স্বাভাবিক চাপে 100°C এর উপরে) 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস, 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসের সাথে

রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত 2 : 1 : 2।



2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন → 2 আয়তন জলীয় বাষ্প

চিত্র A 2.8

এখানে, একটি বিষয় বিশেষভাবে লক্ষনীয়—বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির প্রকৃত আয়তন যাই নেওয়া হোক না কেন, বিক্রিয়াকালে তাদের আয়তনের অনুপাতটি (অর্থাৎ ক্রিয়াশীল আয়তনের অনুপাত) রক্ষিত হবেই। ধরা যাক, 100 cc হাইড্রোজেন এবং 60 cc অক্সিজেন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হল। এখন বিক্রিয়াকালে যেহেতু হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাসের আয়তনের অনুপাত হতে হবে 2 : 1, সুতরাং 100 cc হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করবে 50 cc অক্সিজেনের সাথে। বাকি 10cc অক্সিজেন থাকবে অবিকৃত।

পারমাণবিক ওজন : মৌলের ক্ষুদ্রতম কণা যা রাসায়নিক ক্রিয়ার অংশ নেয়, তাহাই পরমাণু। ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি মৌলের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু পরমাণুর ওজন এতো কম এবং ইহা আকারে এতো ছোট যে 1টি পরমাণুকে আলাদা করে ওজন নেওয়া সম্ভবপর নয়। সেইজন্যে পরমাণুর প্রকৃত ওজনের পরিবর্তে ইহার একটি আপেক্ষিক বা তুলনামূলক ওজন সচরাচর ব্যবহৃত হয়। মৌলের পরমাণুর এই আপেক্ষিক ওজনকেই পারমাণবিক ওজন বলে। হাইড্রোজেন সব চাইতে হালকা পদার্থ বলে আগে হাইড্রোজেন-পরমাণুকে পরমাণুর তুলনামূলক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে ধরা হত (ডাল্টন)। এর ভিত্তিতে পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা এইরূপ : **কোন মৌলের 1টি পরমাণু হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই অনুপাতমূলক সংখ্যাটিকে মৌলের পারমাণবিক ওজন বলে।**

পরবর্তীকালে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেন প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গৃহীত হয় (বার্জেলিয়াস, স্ট্যাস) কয়েকটি বিশেষ কারণে—তার মধ্যে প্রধান কারন হচ্ছে

অক্সিজেন প্রায় সব মৌলের সাথে যৌগ গঠন করে, এর ফলে অক্সিজেন পরমাণুর আপেক্ষিকে অন্য মৌলগুলির পরমাণুর ওজন নির্ণয় বিশেষ সুবিধাজনক হয়।

প্রামাণ্য বস্তু অক্সিজেন হলে, পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ওজন 16 ধরলে, কোনও মৌলের 1টি পরমাণুর যে তুলনামূলক ওজন পাওয়া যায়, সেই ওজন-প্রকাশক সংখ্যাই মৌলের পারমাণবিক ওজন। অন্যভাবে বলা যায়—**অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় কোন মৌলের 1টি পরমাণু যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাই মৌলের পাঃ ওজন।**

এই সংজ্ঞানুযায়ী হাইড্রোজেনের পাঃ ওজন 1.008, 1 নয়। ক্লোরিনের পাঃ ওজন 35.457-এর অর্থ অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় ক্লোরিনের 1টি পরমাণু 35.457 গুণ ভারী। অর্থাৎ,

$$35.457 = \frac{\text{ক্লোরিনের 1টি পরমাণুর ভর}}{\frac{1}{16} \times \text{অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ভর}}\ ।$$

আধুনিককালে (1961 থেকে) হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের পরিবর্তে কার্বনের 12 ভর সংখ্যার আইসোটোপ (12_c) প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গৃহীত হয়েছে এবং আধুনিক সংজ্ঞানুযায়ী, **কোন মৌলের 1টি পরমাণু 12 ভর সংখ্যার কার্বন-পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাই মৌলটির পারমাণবিক ওজন।**

পারমাণবিক-ওজন যেহেতু দুটি ওজনের অনুপাত—সুতরাং এর কোন একক নাই। তবে 12_c পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের যে ওজন, সেইটিকে যদি **1 পারমাণবিক-ভর একক** (Atomic mass unit a.m.u.) ধরা হয়, তবে মৌলের পাঃ ওজনকে ঐ এককে প্রকাশ করা সম্ভবপর। যেমন, হাইড্রোজেনের পাঃ ওজন তাহলে হবে 1.00797 পারমাণবিক ভর একক (a.m.u.) এবং অক্সিজেনের পাঃ ওজন 15·994 a.m.u.।

অক্সিজেনের আপেক্ষিকে কোনও মৌলের পাঃ ওজনকে 1.000043 দ্বারা ভাগ করলে 12_c এর আপেক্ষিকে ইহার পাঃ ওজন পাওয়া যায়। দুটি প্রামাণ্য বস্তুর আপেক্ষিকে পাঃ ওজনের পার্থক্য খুবই সামান্য। সেইজন্যে সাধারণ রাসায়নিক গণনাতে অক্সিজেনের আপেক্ষিকে পাঃ ওজনই প্রায়ই ব্যবহৃত হয়, এর ফলে মারাত্মক ভুলের সৃষ্টি হয় না। (বিভিন্ন মৌলের পাঃ ওজনের তালিকা পরিশিষ্টে দ্রষ্টব্য)

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন : মৌলের পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে পাওয়া যায় **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন** বা **গ্রাম-পরমাণু।** হাইড্রোজেনের 1 গ্রাম-পরমাণুর অর্থ 1·00797 গ্রাম হাইড্রোজেন। অনুরূপভাবে, 1 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন বলতে 35·453 গ্রাম ক্লোরিন বোঝায়।

[প্রশ্ন 2 : নাইট্রোজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন কত ?]

প্রতিটি মৌলের গ্রাম-পরমাণুতে একই সংখ্যক পরমাণু থাকে (পরের অধ্যায়ে আলোচিত) এই সংখ্যা 6.023×10^{23} (অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা)

[এখানে কয়েকটি বিষয় উল্লেখ করা একান্ত প্রয়োজন : (1) সঠিকভাবে 'পারমাণবিক ওজন' (Atomic weight) কথাটির পরিবর্তে "পারমাণবিক ভর" (Atomic mass) শব্দটি ব্যবহার করা উচিত, কারণ পরমাণুর "ভর"ই আমাদের আলোচ্য, "ওজন" নয়। তবে Atomic weight বা পারমাণবিক ওজন কথাটি এমন বহুল ব্যবহৃত হয়ে গেছে যে আমাদের আলোচনাতেও আমরা 'পারমাণবিক ওজন' কথাটিই ব্যবহার করব, তবে সবসময়েই মনে রাখতে হবে আমরা আসলে ভরই বোঝাতে চেয়েছি—ওজন নয়।

(2) পরমাণুর ভগ্নাংশ হতে পারে না, কাজেই পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ বা $\frac{1}{12}$ অংশ লিখলে বিভ্রান্তির সৃষ্টি হতে পারে, তবে পরমাণুর $\frac{1}{12}$অংশের তুলনায় ভারী বলতে প্রকৃতপক্ষে বোঝাতে চাওয়া হয়েছে ঐ পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ ভাগের তুলনায় কতগুণ, পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের নয়।

(3) একই মৌলের বিভিন্ন ভর-যুক্ত পরমাণু থাকতে পারে (আইসোটোপ)। পাঃ ওজনের যে সংজ্ঞাগুলি দেওয়া হয়েছে এগুলি প্রযোজ্য মৌলের বিভিন্ন পরমাণুরগড় **তুলনামূলক ভরের** ক্ষেত্রে]

অনুশীলনী

1. কোন্‌টি ঠিক ?

(a) গুণানুপাত-সূত্রটি প্রযোজ্য

(i) 2টি মৌলের 1টি যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে।

(ii) 2টি মৌলের একাধিক যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে।

(b) স্থিরানুপাত-সূত্রটি প্রযোজ্য :

(i) 1টি মৌলের একাধিক যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে।

(ii) 2টি মৌলের 1টি যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে।

(c) লোহায় মরিচা পড়ে এবং কর্পূর তাপ দিলে উবে যায়। ভরের নিত্যতা সূত্র প্রযোজ্য—

(i) দুটি ক্ষেত্রেই, (ii) কেবল মাত্র প্রথম ক্ষেত্রে, (iii) কোনও ক্ষেত্রেই নয়।

(d) ডাল্টনের মতে বিভিন্ন মৌলের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এদের—

(i) পরমাণু, (ii) অণু (iii) পরমাণু বা অণু কোনটিই নয়!

(e) যখন নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন গ্যাস রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে NH_3 গঠন করে তখন তারা মিলিত হয়ঃ

(i) ওজনের সরল-অনুপাতে (ii) আয়তনের সরল-অনুপাতে।

(f) পারমাণবিক ওজন—(i) পরমাণুর প্রকৃত ওজন (ii) পরমাণুর একটি তুলনামূলক ওজন।

2. নীচের বিবৃতিগুলি সত্য বা মিথ্যা ?

a) পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে আধুনিককালে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে হাইড্রোজেন গৃহীত হয়েছে।

b) "একই মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন একই"—আইসোটোপ আবিষ্কারের পর এই ধারণা বিশেষভাবে সমর্থিত হয়।

c) তিনটি মৌল A, B, C পারস্পরিক সংযোগে AB, BC ও AC যৌগ তিনটি উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে মিথোনুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য।

3. ওজন-সম্পর্কীয় রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রগুলি বিবৃত কর। প্রতিক্ষেত্রে 1টি করে উদাহরণ দাও। কোন্ সূত্র দুটির উপর ভিত্তি করে ডাল্টন তাঁর পরমাণুবাদ দেন ?

4. ভরের নিত্যতা-সূত্রটি বিবৃত কর। একটি পরীক্ষা দ্বারা এর সত্যতা প্রমাণ কর। লোহায় মরিচা ধরলে লোহার ওজন বৃদ্ধি পায় এবং মোমবাতি বায়ুতে পোড়ালে ওজন হ্রাস পায়—এই দুটি ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র কি প্রযোজ্য নয় ? বুঝিয়ে বল।

5. দুটি মৌল পরস্পরের রাসায়নিক সংযোগে 3টি যৌগ গঠন করে। এ ক্ষেত্রে যে সংযোগ-সূত্রটি প্রযোজ্য সেটি বিবৃত করে উদাহরণ-সহ ব্যাখ্যা কর।

একটি ধাতুর দুটি অক্সাইড জানা আছে। প্রতিটি অক্সাইডের 1 গ্রাম, হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে 0.798 এবং 0.888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে প্রদত্ত তথ্য গুণানুপাত সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

6. ডাল্টনেরপরমাণুবাদ বিবৃত কর। ইহার প্রয়োজনীয়তা কী ? মৌলের পারমাণবিক ওজন বলতে কি বোঝা যায় ? (H. S. 1961)

7. স্থিরানুপাত এবং মিথোনুপাত সূত্র দুটি বিবৃত কর। ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে এ দুটি সূত্রের ব্যাখ্যা কর। PH_3 এতে শতকরা 91.1 ভাগ P এবং 8.9 ভাগ H আছে, H_2O এ 88.8%O এবং 11.2%H আছে এবং P_4O_6 এ 56.4% P এবং 43.6%O আছে। দেখাও যে তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত করে।

সমাধান :

PH_3 এ 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সাথে $\frac{91.1}{8.9}$ গ্রাম বা 10.23 গ্রাম P যুক্ত আছে।

H_2O এ 1 ,, ,, ,, $\frac{88.8}{11.2}$ গ্রাম বা 8 গ্রাম O যুক্ত আছে।

এখন, মিথোনুপাত সূত্র-অনুযায়ী P এবং O যুক্ত হলে তারা 10.23 : 8 বা 1.3:1 এই ওজনের অনুপাতে বা 1.3x:y (x, y সরল পূর্ণ সংখ্যা) এই অনুপাতে মিলিত হবে।

P_4O_6 এ 56.4 গ্রাম P, 43.6 গ্রাম O এর সাথে যুক্ত আছে।

বা 1·3 গ্রাম P, $\frac{43.6}{43.6}$ বা 1 গ্রাম O এর সাথে যুক্ত আছে।

∴ P এবং O এর ওজনের অনুপাত 1.3 : 1, অতএব তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত করে।

8. ডাল্টনের পরমাণুবাদ গুণানুপাত সূত্রটিকে কি ভাবে ব্যাখ্যা করতে পারে? একটি ধাতুর অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 27.6 এবং 30। প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হলে, দ্বিতীয়টির সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(C. U. 1936, '40, '49)

সমাধান : ধাতুর পাঃ ওজন মনে করি x.

∴ M_3O_4 এর আণবিক ওজন $=3x+64$

$(3x+64)$ গ্রাম M_3O_4 এ অক্সিজেন থাকে 64 গ্রাম।

∴ 100 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{64\times100}{3x+64}$ গ্রাম।

অর্থাৎ, $\frac{64\times100}{3x+64}=27{\cdot}6$। সমাধান করে পাওয়া যায় $x=56$।

ইহাই ধাতুর পাঃ ওজন।

দ্বিতীয় অক্সাইডে, অক্সিজেন 30%। সুতরাং ধাতু M=70%। প্রত্যেকের নিজ নিজ পাঃ ওজন দ্বারা শতকরা মাত্রাকে ভাগ করে পরমাণু সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়—$M:O=\frac{70}{56}:\frac{30}{16}$ বা 1:1·5 বা 2:3। ∴ দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত M_2O_3।

9. আয়তন সম্পর্কীয় সংযোগ সূত্রটি বিবৃত কর। দুটি উদাহরণ দাও। এই সূত্রটি কি ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়? (শেষ অংশের বিস্তৃত উত্তর ৩য় অধ্যায়ে পাওয়া যাবে, এখানে সংক্ষিপ্ত উত্তর হলেই চলবে)

10. ভরের নিত্যতা-সূত্রটি ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ শক্তি উৎপন্ন হলে ভরের কোনও পরিবর্তন হবে কি? এ ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা-সূত্র প্রযোজ্য হবে কি?

11. "আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গিতে ডাল্টনের পরমাণুবাদের সবটাই ত্রুটিমুক্ত নয়"—আলোচনা কর।

12. (a) মৌল X ও Y এর যৌগ XY এর 40 গ্রাম থেকে 10 গ্রাম X এবং 30 গ্রাম Y পাওয়া যায়। 20 গ্রাম X এর সাথে 80 গ্রাম Y মিলিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হল—তাহলে কি পরিমাণ XY যৌগ উৎপন্ন হবে? উৎপন্ন মিশ্রণের ওজন কত হবে এবং মিশ্রণে কোন কোন পদার্থ থাকবে?

[উঃ—80 গ্রাম এবং 100 গ্রাম, XY এবং Y]

(b) 20 লিটার গ্যাসীয় মৌল A, 60 লিটার গ্যাসীয় মৌল B এর সাথে যুক্ত হয়ে 40 লিটার গ্যাসীয় যৌগ AB_3 উৎপন্ন করে। 30 লিটার A এর সাথে 75 লিটার B মিলিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে কি পরিমাণ AB_3 পাওয়া যাবে? উৎপন্ন মিশ্রণে কি কি থাকবে? [আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় নির্ণীত]

[উঃ—50 লিটার, 50 লিটার AB_3 + 5 লিটার অবিকৃত A]

তৃতীয় অধ্যায়

অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প

পূর্ব প্রসঙ্গ ঃ গে লুসাকের সূত্র-অনুযায়ী-গ্যাসগুলি আয়তনের সরল-অনুপাতে মিলিত হয়, আবার ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে বিভিন্ন মৌলের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে মিলন ঘটে ঐ মৌলগুলির পরমাণুদের মধ্যে সরল পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে। এর থেকে এই ধারনাই হয় যে গ্যাসগুলির ক্রিয়াশীল আয়তন এবং তাদের পরমাণু সংখ্যার মধ্যে একটা সম্পর্ক থাকা স্বাভাবিক।

সুইডেনের বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস সর্বপ্রথম ডাল্টনের পরমাণুবাদ এবং গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সামঞ্জস্য সাধনের চেষ্টা করেন তাঁর নিম্নলিখিত প্রস্তাবনার দ্বারা ঃ

একই চাপ ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সমসংখ্যক পরমাণু থাকে। (লক্ষণীয় যে তখন পর্যন্ত মৌল বা যৌগের ক্ষুদ্রতম কণা পরমাণু বলেই জানা ছিল—যৌগের পরমাণুকে যৌগ-পরমাণু বা Compound-atom বলা হত)। কিন্তু বার্জেলিয়াসের প্রস্তবনা পরীক্ষালব্ধ ঘটনার ব্যাখ্যা করতে গিয়ে গ্যাসায়তন-সূত্র এবং পরমাণুবাদের মধ্যে সঙ্গতি বিধানে অসমর্থ হয়।

যেমন ঃ প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায়—

একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায়, 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। (গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ)

মনে করি, 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসে n সংখক পরমাণু আছে। সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রকল্প অনুযায়ী 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে 2n সংখ্যক পরমাণু

এবং 2 আয়তন জলীয় বাষ্পেও 2n সংখ্যক পরমাণু থাকবে। (যেহেতু গ্যাসীয় পদার্থগুলি একই চাপ ও উষ্ণতায় রয়েছে)

∴ হাইড্রোজেনের 2টি পরমাণু + অক্সিজেনের 1টি পরমাণু
= জলীয় বাষ্পের 2টি পরমাণু।

বা, জলীয় বাষ্পের 1টি পরমাণু গঠিত হয় হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর সাথে অক্সিজেনের **অর্দ্ধ পরমাণুর** সংযোগে। কিন্তু ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য। কাজেই বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা—ডাল্টনের পরমাণুবাদ এবং গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সামঞ্জস্য বিধানে অসমর্থ।

ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যাভোগ্যাড্রো বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ অনুসন্ধান করতে গিয়ে পদার্থের দুই ধরণের কণার মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করেন—এই দুই ধরণের কণাকে বলা হয় **অণু** এবং **পরমাণু**।

পদার্থের (মৌল বা যৌগ যাই হোক না কেন) স্বাধীন বা স্বতন্ত্র অস্তিত্বযুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা হচ্ছে অণু আর মৌলের যে ক্ষুদ্রতম কণা রাসায়নিক ক্রিয়ার অংশ নেয় তাকে বলা হয় পরমাণু। (পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু অনেক ক্ষেত্রেই বিভাজ্য হতে পারে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অবিভাজ্য)।

এই অনুবাদের ভিত্তিতে 1811 খৃষ্টাব্দে অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর নিম্নলিখিত প্রকল্পটি দেন (প্রকল্পটি অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প নামে খ্যাত):

একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সকল গ্যাসের সম-আয়তনে সম-সংখ্যক 'অণু' বর্তমান থাকে।

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় যদি 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে, তবে ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার অক্সিজেন গ্যাসেও থাকবে n-সংখ্যক অণু, 2 লিটার নাইট্রোজেন গ্যাসে থাকবে 2n সংখ্যক অণু, 3 লিটার কার্বনডাই অক্সাইডে থাকবে 3n সংখ্যক অণু। ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোনও গ্যাসেরই 1 লিটার আয়তনে থাকবে n সংখ্যক অণু—ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প। প্রকল্পটি অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র বলেই পরিচিত।

অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প গে-লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদের মধ্যে সঙ্গতি সাধনে সমর্থ হয়। যেমন:

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় আয়তন নির্ণীত হলে; 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসের সাথে রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। (গে লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ)।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায়, 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে, 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসে থাকবে n সংখ্যক অণু এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে থাকবে 2n সংখ্যক অণু। (যেহেতু গ্যাসগুলির আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় নির্ণীত)।

∴ হাইড্রোজেনের n সংখ্যক অণু ক্লোরিনের n সংখ্যক অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2n সংখ্যক অণু গঠন করে।

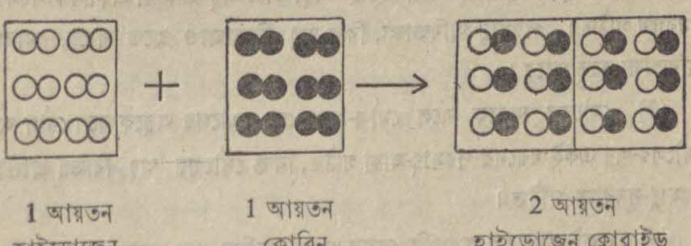
বা হাইড্রোজেনের 1টি অণু ক্লোরিনের 1টি অণুর সাথে মিলে হাইড্রোজেন-ক্লোরাইডের 2টি অণু গঠন করে।

বা, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণু গঠিত হয় অর্দ্ধ অণু হাইড্রোজেনের সাথে ক্লোরিনের অর্দ্ধ অণুর সংযোগে।

এক্ষেত্রে, অণু অবিভাজ্য নয় এই সিদ্ধান্তই কেবলমাত্র করা হয়েছে। ডাল্টনের পরমাণুবাদে যে বলা হয়েছে পরমাণু অবিভাজ্য—এই সিদ্ধান্তের বিরোধিতা এখানে করা হচ্ছে না—কারণ, 1টি অণুতে একাধিক পরমাণু থাকতে পারে। সুতরাং অণুর ভগ্নাংশ সম্ভব হলে ভগ্নাংশ পরমাণুও যে থাকতে হবে, এমন কোনও কথা নেই।

সুতরাং, বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা গেলুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদের মধ্যে যে সঙ্গতি সাধনে সমর্থ হয় নি, সেই সঙ্গতি বিধান সম্ভবপর হল অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের সহায়তায়।

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন পরীক্ষার অ্যাভোগ্যাড্রীয় চিত্র ঃ



(লক্ষণীয় ঃ 1 আয়তন সবকটি গ্যাসেই অণুর সংখ্যা সমান)

চিত্র—A 3·1

আবার, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রে উপনীত হওয়া যায় ঃ

মনে করি, একটি গ্যাস A এর a সংখ্যক অণু অপর একটি গ্যাস B এর b সংখ্যক অণুর সাথে রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হয়—'a' এবং 'b' সরল পূর্ণসংখ্যা।

মনে করি 1 ঘ. সে. A গ্যাসে x সংখ্যক অণু বর্ত্তমান।

তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী 1 ঘ. সে. B গ্যাসেও x সংখ্যক অণু থাকবে, কারণ A ও B এর আয়তন একই চাপ ও তাপমাত্রায় নির্নীত।

তাহলে x সংখ্যক A অণুর আয়তন=1ঘ.সে. এবং x সংখ্যক B-অণুর আয়তনও 1 ঘ. সে.।

∴ a সংখ্যক A অণুর আয়তন $\frac{a}{x}$ ঘ. সে.

এবং b সংখ্যক B-অণুর আয়তন $\frac{b}{x}$ ঘ. সে.

∴ A ও B এর ক্রিয়াশীল আয়তনের অনুপাত$=\frac{a}{x}:\frac{b}{x}=a:b$

এই অনুপাত একটি সরল অনুপাত—ইহাই গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র।

অ্যাভোগ্যাড্রোর অনুবাদের ভিত্তিতে ডাল্টনের পরমাণুবাদের সংশোধন ঃ

অ্যাভোগ্যাড্রোর অনুবাদের আলোকে ডাল্টনের পরমাণুবাদ কিছুটা পরিবর্তিত আকারে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায় ঃ

(1) মৌলের ক্ষুদ্রতম কণা যা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাকে বলে পরমাণু।

(2) প্রতিটি পদার্থের (মৌল বা যৌগ যাই যোক না কেন) স্বাধীন বা স্বতন্ত্র অস্তিত্ব যুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা হচ্ছে অণু, 1টি অণু এক বা একাধিক পরমাণু সমবায়ে গঠিত। পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু বিভাজ্যও হতে পারে, আবার অবিভাজ্য হতে পারে।

(3) মৌলের অণুকে বলে মৌল-অণু এবং যৌগের অণুকে বলে যৌগ অণু মৌলের-অণু একই ধরনের পরমাণু-দ্বারা গঠিত, কিন্তু যৌগের অণু বিভিন্ন জাতীয় পরমাণু-সমবায়ে গঠিত।

(4) একই পদার্থের অণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন এবং পদার্থের ধর্ম ও অণুর ধর্ম এক। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের অণু ওজনে ও ধর্মে পৃথক।

(5) বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে যখন রাসায়নিক-ক্রিয়া ঘটে, তখন ঐ পদার্থের অণুগুলি পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলি সরল পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে মিলিত হয়ে নূতন অণু গঠন করে।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের গুরুত্ব ও অবদান :

অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর প্রকল্প দেন তাঁর নিজেরই অনুবাদের ভিত্তিতে। সুতরাং অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের অবদান সম্পর্কে আলোচনার সাথে সাথে তাঁর অনুবাদের অবদানও আলোচিত হওয়া বাঞ্ছনীয়। বিজ্ঞানে অ্যাভোগ্যাড্রোর অনুবাদ এবং তাঁর প্রকল্পের অবদান অসীম। 1811 সালে অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর প্রকল্প দেন, কিন্তু 1858 সালের পূর্ব পর্যন্ত তাঁর প্রকল্পের গুরুত্ব বিজ্ঞানীরা অনুধাবন করতে পারেন নি—এর কারণ অণু সম্পর্কীয় অ্যাভোগ্যাড্রীয় ধারণাকে অনেকেই অবাস্তব বলে মনে করেছিলেন। 1858 সালে ক্যানিজারো সর্বপ্রথম অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প বিভিন্ন ক্ষেত্রে কিভাবে প্রয়োগ করতে হয় সে সম্পর্কে আলোকপাত করেন। এর ফলেই এই প্রকল্পের অসীম গুরুত্ব প্রতিভাত হয় এবং এই প্রকল্পের সহায়তায় বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া সম্ভবপর হয়। উনবিংশ শতাব্দীতে পাঃ ওজন নির্ণয়ের একমাত্র নির্ভরযোগ্য পদ্ধতিটি (ক্যানিজারো-পদ্ধতি) এই প্রকল্পের সাহায্যেই উদ্ভাবিত হয়। অ্যাভোগ্যাড্রোর অনুবাদের আলোকে পদার্থের দুই ধরণের কণা—অনু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য করা সম্ভবপর হয় এবং তার ফলে ডাল্টনের পরমাণুবাদের ত্রুটিগুলি সংশোধন করা সম্ভবপর হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যেই বিভিন্ন যৌগের সঠিক আণবিক সংকেত নির্ণয় সম্ভবপর হয়। 1858 সালের পূর্ব পর্যন্ত জলের সংকেত HO ধরা হত-এর ফলে অক্সিজেনের পাঃ ওজন 8 বলে গৃহীত হয়ে আসছিলো। 1858 সালে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জলের সঠিক ফর্মূলা নির্ণীত হয় H_2O এবং এর থেকে অক্সিজেনের সঠিক পাঃ ওজন 16 নির্ণীত হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প সর্বপ্রথম গে লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্র ব্যাখ্যা করতে এবং এই সূত্রের সাথে ডাল্টনের পরমাণুবাদের সঙ্গতি সাধনে সমর্থ হয়।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে অনেক গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া সম্ভবপর হয়েছে। এগুলি হল :

(1) গ্যাসীয়-মৌলের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকে।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের (মৌল বা যৌগ) আণবিক ওজন উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(3) একই চাপ ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই এবং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এই আয়তন 22.4 লিটার।

(4) যে কোনও পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান।

এই অনুসিদ্ধান্তগুলি সত্য বলে প্রমাণিত হয়েছে। এর ফলে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প পরোক্ষভাবে প্রমাণিত হয়। সেইজন্য অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প সূত্র হিসাবে গৃহীত। এছাড়া অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে—**আয়তনিক সংযুতি থেকে গ্যাসীয়-যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়** করা সম্ভপর হয়েছে এবং **পাঃ ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি উদ্ভাবিত হয়েছে।**

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রতিপাদন :

(1) গ্যাসীয় মৌলের অণু দ্বি-পারমাণবিক (বা মৌলের আণবিক সংকেত নির্ণয়)।

(a) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন-অণু দ্বি-পারমাণবিক :

প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে জানা যায় যে, একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়, 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসের সাথে রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়ঃ 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে **অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র অনুযায়ী**—1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসেও n সখ্যক অণু থাকবে এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন-ক্লোরাইডে থাকবে 2n সংখ্যক অণু। (∵ গ্যাসগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় বর্তমান) সুতরাং, বলা যায়ঃ হাইড্রোজেনের n সংখ্যক অণু ক্লোরিনের n সংখ্যক অণুর সাথে মিলে হাইড্রোজেনের ক্লোরাইডের 2n সংখ্যক অণু গঠন করে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু ক্লোরিনের 1টি অণুর সাথে মিলে হাইড্রোজেন-ক্লোরাইডের 2টি অণু গঠন করে।

অর্থাৎ, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণু গঠিত হয় হাইড্রোজেনের অর্দ্ধ-অণুর সাথে ক্লোরিনের অর্দ্ধ-অণুর সংযোগে।

এখন, ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ পরমাণু থাকতে পারে না, সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণুতে **কমপক্ষে** 1টি হাইড্রোজেন-পরমাণু এবং 1টি ক্লোরিন-পরমাণু থাকবেই। এই 1টি হাইড্রোজেন-পরমাণু আসে হাইড্রোজেনের অর্দ্ধ-অণু থেকে এবং 1টি ক্লোরিন-

পরমাণু আসে ক্লোরিনের অর্দ্ধ-অণু থেকে। সুতরাং হাইড্রোজেনের 1টি অণুতে বা ক্লোরিনের 1টি অণুতে **কমপক্ষে** 2টি পরমাণু থাকবেই।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে অবশ্য এটা দেখানো সম্ভবপর নয় যে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের 1টি অণুতে 2টির বেশি পরমাণু থাকতে পারে না। তবে বিভিন্ন পরীক্ষা নিরীক্ষার সাহায্যে এটি প্রমাণ করা সম্ভব হয়েছে। যেমন:

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে: হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন ক্লোরাইড) থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় সোডিয়াম ধাতু দ্বারা **একটিমাত্র ধাপে** এবং প্রতিস্থাপনের ফলে কেবলমাত্র শমিত-লবণ সোডিয়াম ক্লোরাইডই উৎপন্ন হয়—এর থেকে প্রমাণিত হয় যে **হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণুতে কেবলমাত্র 1টি হাইড্রোজেন-পরমাণুই** আছে—কারণ যদি একাধিক হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকত, তবে ধাতু দ্বারা একাধিক ধাপে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হত এবং শুধুমাত্র শমিত লবণই উৎপন্ন হত না, অ্যাসিড-লবণও পাওয়া যেত—যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে পাওয়া যায়—এদের অণুতে একাধিক হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকবার জন্য।

অর্থাৎ, হাইড্রোজেনের অর্দ্ধ-অণুতে কেবলমাত্র 1টিই পরমাণু আছে বা হাইড্রোজেনের অণুতে মাত্র 2টিই পরমাণু আছে 2টির বেশীও নয়, কমও নয়।

সুতরাং, **হাইড্রোজেনের আণবিক সংকেত H_2।**

হাইড্রোজেন-অণু যে দ্বি-পারমাণবিক তার অন্যান্য প্রমাণ হল:

(1) প্রকৃত পরীক্ষাদ্বারা নির্ণীত হাইড্রোজেনের 1 গ্রাম-অণুর স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (Cp) এবং স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (Cv)-এর অনুপাত $(\gamma = \frac{Cp}{Cv}) = 1.41$ দ্বিপারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রেই এই অনুপাতটি 1.41 হয়।

(2) এক আয়তন হাইড্রোজেন অন্য গ্যাসের সাথে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে কখনোই 2 আয়তনের বেশী অন্য গ্যাস উৎপন্ন করে না।

(3) এমন কোন প্রমাণ পাওয়া যায় নি যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন-অণু দুই এর অপেক্ষা বেশী অংশে বিভক্ত হয়েছে।

ক্লোরিনের ক্ষেত্রে: পরীক্ষাদ্বারা নির্ণীত ক্লোরিনের স্থিরচাপে 1 গ্রাম-অণুর আঃ তাপ এবং স্থির-আয়তনে 1 গ্রাম-অণুর আঃ তাপের অনুপাত=1.41; যেহেতু দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রেই কেবলমাত্র অনুপাতটি 1.41 হয় সুতরাং ক্লোরিনের অণুর **দ্বি-পারমাণবিক**। অর্থাৎ, ক্লোরিনের আণবিক সংকেত Cl_2।

(b) **অক্সিজেন-অণু দ্বি-পারমাণবিক ঃ**

প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায়ঃ একই চাপ ও তাপমাত্রায়, 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস, 1 আয়তন অক্সিজেন-গ্যাসের সাথে রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন অক্সিজেনে n সংখ্যক অণু থাকে। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে 2n সংখ্যক এবং 2 আয়তন জলীয় বাষ্পেও 2n সংখ্যক অণু থাকবে। ($\because$ চাপ ও তাপমাত্রা এক) অর্থাৎ, হাইড্রোজেনের 2n সংখ্যক অণু অক্সিজেনের n সংখ্যক অণুর সাথে মিলে জলীয়-বাষ্পের 2n সংখ্যক অণু সৃষ্টি করে।



2টি হাইড্রোজেন-অণু 1টি অক্সিজেন-অণু 2টি জলীয়-বাষ্পের অণু

চিত্র—A 3.2

বা হাইড্রোজেনের 2টি অণু+অক্সিজেনের 1টি অণু=জলীয় বাষ্পের 2টি অণু

বা জলীয় বাষ্পের 1টি অণু গঠিত হয় হাইড্রোজেনের 1টি অণু এবং অক্সিজেনের $\frac{1}{2}$ অণুর সংযোগে।

যেহেতু, ডাল্টনের পরমাণু-বাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ-পরমাণু থাকতে পারে না, সুতরাং জলীয়-বাষ্পের অণুতে কমপক্ষে অক্সিজেনের 1টি পরমাণু থাকবেই। এই 1টি অক্সিজেন-পরমাণু আসে অর্দ্ধ-অণু অক্সিজেন থেকে। সুতরাং অক্সিজেনের 1টি অণুতে **কমপক্ষে** 2টি পরমাণু থাকবেই।

আবার অক্সিজেনের অণুতে যে 2টির বেশী পরমাণু থাকতে পারে না—এই বক্তব্যের সমর্থনসূচক বিভিন্ন প্রমাণ পাওয়া যায়। যেমন—জলীয় বাষ্পের সাথে ক্লোরিন-গ্যাসের বিক্রিয়ায় জলীয় বাষ্পের অণু থেকে অক্সিজেন ক্লোরিনদ্বারা একটিমাত্র ধাপে প্রতিস্থাপিত হয়—এর থেকে প্রমাণিত হয়—জলীয় বাষ্পের অণুতে মাত্র একটিই অক্সিজেন-পরমাণু আছে এবং এই পরমাণুটি আসে অর্দ্ধ-অণু অক্সিজেন থেকে। সুতরাং অক্সিজেনের অণুতে মাত্র 2টি পরমাণুই আছে—2টির বেশীও নয়, কমও নয়।

এছাড়া, অন্যান্য দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের ন্যায় অক্সিজেনের ক্ষেত্রেও পরীক্ষা-দ্বারা নির্নীত স্থির-চাপে গ্রাম-আণবিক আঃ তাপ এবং স্থির-আয়তনে গ্রাম-

আণবিক আঃ তাপের এর অনুপাত 1.40 ; সুতরাং অক্সিজেনের অণুও দ্বি-পারমাণবিক এবং অক্সিজেনের আণবিক সংকেত O_2

(অণুরূপভাবে দেখানো যায়, **ওজোন এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ছাড়া** যে কোন গ্যাসীয় মৌলের অণুতে কমপক্ষে দুটি পরমাণু থাকবেই।)

[সাধারণ নিয়ম : যে মৌল গ্যাসটি দ্বি-পারমাণবিক প্রমাণ করতে হবে, তার একটি গ্যাসীয়-যৌগ ঠিক করতে হবে এমনভাবে যাতে একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন মৌল গ্যাসটি (মনে করি A) থেকে 2 আয়তন যৌগ গ্যাস (মনে করি B) পাওয়া যায়। তাহলে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন A গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকলে 2 আয়তন B গ্যাসে 2n সংখ্যক অণু থাকবে। শেষ পর্যন্ত পাওয়া যাবে—B এর 1টি অণু A এর $\frac{1}{2}$ অণু থেকে উৎপন্ন হয়। যেহেতু B-এর 1টি অণুতে A-এর কমপক্ষে 1টি পরমাণু থাকবেই। এবং এই পরমাণুটি পাওয়া যায় $\frac{1}{2}$ অণু A থেকে। সুতরাং A-এর অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকবেই, 2টির বেশী যে থাকতে পারে না সে সম্পর্কে অন্যান্য যুক্তি দেওয়া যেতে পারে—যেমন দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্রাম আণবিক-আপেক্ষিত তাপ দুটির অনুপাত (γ) মোটামুটিভাবে 1.41।

প্রশ্ন : নাইট্রোজেনের **পারমাণবিক** (অর্থাৎ অণুতে পরমাণুর সংখ্যা) নির্ণয় কর।

(2) গ্যাসীয়-পদার্থের আণবিক-ওজন উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ :

গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয়-ঘনত্ব বা **হাইড্রোজেন-সম্পর্কীয় আপেক্ষিক ঘনত্ব** বলতে একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় সম-আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা ঐ গ্যাসটি কতগুণ ভারী-সেই অনুপাতমূলক সংখ্যাকে বোঝায়। অর্থাৎ,

গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)

$$= \frac{\text{নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় V লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{ঐ একই চাপ ও উষ্ণতায় V লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতায় V লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান। সুতরাং, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী V লিটার আলোচ্য গ্যাসেও n সংখ্যক অণু বর্তমান। (∵ চাপ ও উষ্ণতা দুটি ক্ষেত্রেই এক)

$$\therefore \text{ গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব } (D) = \frac{\text{গ্যাসের } n \text{ সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ সংখ্যক অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন } (M)}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন}}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন } (M)}{\text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন}}$$

(∵ অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে পূর্ব্বেই প্রমাণিত যে হাইড্রোজেনের অণুতে 2টি পরমাণু থাকে, ∴ হাইড্রোজেনের আঃ ওজন $= 2 \times$ পাঃ ওজন)

∴ গ্যাসের আণবিক ওজন $(M) = 2 \times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) (∵ হাইড্রোজেনের পাঃ ওজন মোটামুটিভাবে 1, অবশ্য $O = 16$, এই আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের পাঃ ওজন $= 1.008$, সেক্ষেত্রে গ্যাসের আঃ ওজন $= 2.016 \times D$)

প্রশ্ন 2 : CO_2 -এর আঃ ওজন $= 44$, ইহার হাইড্রোজেন-সম্পর্কীয় আঃ ঘনত্ব কত ?]

আণবিক ওজন : মৌল বা যৌগ যে কোন পদার্থের স্বাধীন অস্তিত্বযুক্ত কণা, যার মধ্যে পদার্থের সকল ধর্মই বজায় থাকে, তাকেই বলা হয় অণু—1টি অণু এক বা একাধিক পরমাণু সমবায়ে গঠিত। কোন পদার্থের অণু এত ছোট এবং এর ওজন এত কম যে 1টি অণুকে আলাদা করে প্রত্যক্ষভাবে এর ওজন নেওয়া সম্ভবপর নয়। সেইজন্যে সাধারণতঃ কোন প্রামাণ্যবস্তুর আপেক্ষিকে তুলনামূলক ওজনদ্বারা অণুর ওজনকে প্রকাশ করা হয়—অণুর এই তুলনামূলক ওজনকেই বলে আণবিক ওজন। প্রাচীন সংজ্ঞা অনুযায়ী : কোন পদার্থের 1টি "অণু" হাইড্রোজের 1টি "পরমাণু" অপেক্ষা যতগুণ ভারী, সেই অনুপাতমূলক সংখ্যাকে বলে আণবিক ওজন।

পরবর্তীকালে, হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেনকে প্রামাণ্যবস্তু হিসাবে ধরা হয়। **অক্সিজেনের 1টি "পরমাণুর" ওজন 16 ধরলে কোন পদার্থের 1টি অণুর যে তুলনামূলক ওজন পাওয়া যায়, সেই "ওজনসংখ্যাই" পদার্থের আণবিক ওজন।** বা অন্যভাবে বলা যায়—**কোন পদার্থের 1টি অণু অক্সিজেন-পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাই পদার্থের আণবিক ওজন।**

ক্লোরিনের আণবিক-ওজন 70.9 বলতে বোঝা ক্লোরিনের 1টি অণুর ওজন

অক্সিজেন-পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশের ওজনের 70.9 গুন।

নাইট্রোজেনের আঃ ওজন 28 (মোটামুটিভাবে) এর অর্থ :

$$\frac{\text{নাইট্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}}{\frac{1}{16} \times \text{অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ওজন}} = 28$$

আধুনিক মতবাদ অনুযায়ী :

12 ভরসংখ্যার কার্বণ-পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় কোন পদার্থের 1টি অণু যতগুণ ভারী, সেই অনুপাতমূলক সংখ্যাটিই পদার্থের আণবিক ওজন।

এই আপেক্ষিকে অক্সিজেনের আণবিক ওজন 31.9988, 32 নয়।

আণবিক ওজনের কোন একক নাই, যেহেতু ইহা একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। তবে পাঃ ওজনের ন্যায় আঃ ওজনকেও **পারমাণবিক ভর এককে** প্রকাশ করা যায় (২য় অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য)।

পদার্থের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে-সেই ওজনকে ঐ পদার্থের **গ্রাম-আণবিক ওজন** বা গ্রাম-অণু বলে। ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন বা 1 গ্রাম-অণু বলতে বোঝায় মোটামুটিভাবে 71 গ্রাম ক্লোরিন। অনুরূপভাবে 1 গ্রাম-অণু কার্বনডাইঅক্সাইড বলতে 44 গ্রাম কার্বনডাইঅক্সাইড বোঝায়।

(কোন পদার্থের আণবিক ওজন=পদার্থের অণুর মধ্যেকার পরমাণুগুলির মোট পাঃ ওজনের সমষ্টি। যেমন H_2SO_4-এর 1টি অণু, 2টি H -পরমাণু, 1টি S পরমাণু এবং 4টি O পরমাণু নিয়ে গঠিত, এদের সকলের পাঃ ওজনের সমষ্টি $= 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98$ (মোটামুটিভাবে)। এটাই H_2SO_4-এর আণবিক ওজন।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) সকল গ্যাসের (মৌল বা যৌগ) গ্রাম-আণবিক-আয়তন 22.4 লিটার :

গ্যাসের **গ্রাম-আণবিক আয়তন** বলতে 1 গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের যে আয়তন তাহাই বোঝায়। অর্থাৎ, প্রমাণ করতে হবে যে 1 গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22.4 লিটার।

এখন, কোন গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব বা হাইড্রোজেন-সম্পর্কীয় আপেক্ষিক ঘনত্ব যদি D হয়, তবে লেখা যায়—

$$D=\frac{\text{নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{ঐ একই চাপ ও উষ্ণতায় সম-আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

চাপ ও উষ্ণতার অবস্থা যদি প্রমাণ-অবস্থা হয়, তবে লেখা যায় ঃ

$$D=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় x লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় x লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{0.089 গ্রাম}}$$

($\because$ জানা আছে যে N.T.P. তে 1 লিটার H_2-এর ওজন=0.089 গ্রাম)

$\therefore$ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন=উহার বাষ্পীয়-ঘনত্ব $(D)\times 0.089$ গ্রাম।

আবার, **অ্যাভোগ্যাড্রো-সূত্রের সাহায্যে** ইহা প্রমাণিত যে গ্যাসের আণবিক ওজন (M) উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) এর দ্বিগুণ, অর্থাৎ, $D=\frac{M}{2}$.

$\therefore$ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন$=\frac{M}{2}\times 0.089$ গ্রাম।

অর্থাৎ, $\frac{M}{2}\times 0.089$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার

বা, 1 গ্রাম গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় $\frac{2}{M\times 0.089}$ লিটার।

বা, M গ্রাম গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় $\frac{2\times M}{M\times 0.089}$ বা

$\frac{2}{0.089}$ বা 22.4 লিটার (মোটামুটিভাবে)।

এখন, M গ্রাম গ্যাসের আয়তনের অর্থই গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন। সুতরাং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন 22.4 লিটার।

আবার N.T.P তে বিভিন্ন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন যেহেতু একই (অর্থাৎ 22.4 লিটার), অন্য যে কোনও চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থাতেও, বিভিন্ন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হবে, যদি চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থা সব গ্যাসগুলির ক্ষেত্রেই এক থাকে। কারণ, প্রমাণ অবস্থা থেকে চাপ ও তাপমাত্রার সবক্ষেত্রে সমভাবে পরিবর্তন হলে, বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনও সমভাবে পরিবর্তিত

হবে, অর্থাৎ পরিবর্তিত আয়তনগুলি একই হবে। (চার্লস ও বয়েলের মিলিত সূত্র থেকে ইহা সহজেই দেখানো যায়)

(4) **যে কোন পদার্থের (মৌল বা যৌগ) এক গ্রাম-অণুতে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান:**

প্রমাণ: মনে করি, হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন=a গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের 1টি অণুর প্রকৃত ওজন=2a গ্রাম।

(∵ হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পারমাণবিক—অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণিত)

এখন, হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু=2 গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা$=\frac{2 \text{ গ্রাম}}{2a \text{ গ্রাম}}=\frac{1}{a}$

আবার, অক্সিজেনের আণবিক ওজন=32, অর্থাৎ, অক্সিজেনের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর তুলনায় 32 গুণ ভারী।

∴ অক্সিজেনের 1টি অণুর ওজন$=32\times a$ গ্রাম।

∴ অক্সিজেনের গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা$=\frac{32 \text{ গ্রাম}}{32a \text{ গ্রাম}}=\frac{1}{a}$

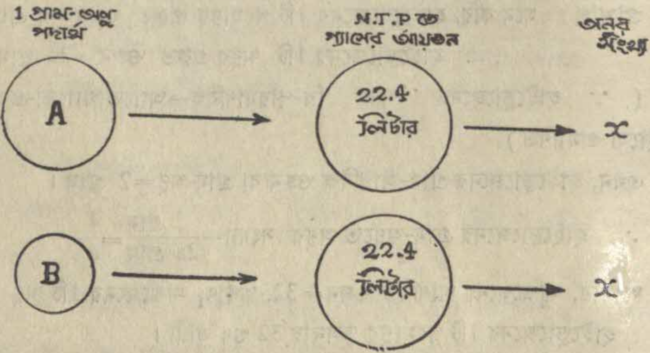
অনুরূপভাবে যে কোন পদার্থের ক্ষেত্রেই দেখানো যায় 1 গ্রাম-অণু পদার্থে অণুর সংখ্যা $\frac{1}{a}$; অর্থাৎ **1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে সম-সংখ্যক অণু থাকে।**

বিকল্প প্রমাণ: অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে পূর্বেই প্রমাণ করা হয়েছে যে গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন পদার্থকে বাষ্পে পরিণত করলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসীয়-পদার্থ 22.4 লিটার আয়তন অধিকার করে।

আবার, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প-অনুযায়ী একই চাপ ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের সম-আয়তনে সম-সংখ্যক অণু থাকবে।

সুতরাং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22.4 লিটার আয়তন অধিকার করেছে যে গ্যাসগুলি তাদের প্রত্যেকের মধ্যেই রয়েছে একই সংখ্যক অণু। গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থকে বাষ্পায়িত করেই N.T.P-তে এই 22.4 লিটার আয়তনের গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায়। কাজেই N.T.P-তে 22.4 লিটার আয়তনের গ্যাসীয় পদার্থে যতসংখ্যক অণু থাকে 1 গ্রাম-অণু পদার্থেও ঠিক ততগুলি অণু থাকবে। অর্থাৎ, **1 গ্রাম অণু যে কোন পদার্থেই সম-সংখ্যক অণু**

থাকে। (অনুরূপভাবে দেখানো যায় যেহেতু একই চাপ ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের **গ্রাম-আণবিক আয়তন এক,** সুতরাং বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় থাকলে, তাদের গ্রাম-আণবিক আয়তনে একই সংখ্যক অণু থাকবে—অর্থাৎ 1 গ্রাম-অণু পদার্থগুলিতেও একই সংখ্যক অণু থাকবে)।



1 গ্রাম-অণু পদার্থ A ও B-তে অণুর সংখ্যা সমান (x)

চিত্র—A3.3

আয়তনিক সংযুতি থেকে যৌগিক গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয়ঃ

(a) **অ্যামোনিয়ার আণবিক-সংকেত নির্ণয়ঃ**

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায়ঃ একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে সংযুক্ত হয়ে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র-অনুযায়ী 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে থাকে 3n সংখ্যক অণু এবং 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাসে থাকে 2n সংখ্যক অণু। সুতরাং আয়তনের পরিবর্তে অণু-সংখ্যার হিসাবে লেখা যায়ঃ নাইট্রোজেনের n সংখ্যক অণু হাইড্রোজেনের 3n সংখ্যক অণুর সাথে যুক্ত হয়ে 2n সংখ্যক অ্যামোনিয়ার অণু উৎপন্ন করে।

বা, নাইট্রোজেনের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 3টি অণুর সাথে যুক্ত হয়ে 2টি অ্যামোনিয়া-অণু উৎপন্ন করে। বা, **অ্যামোনিয়ার 1টি অণু গঠিত হয় নাইট্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণুর সাথে হাইড্রোজেনের $\frac{3}{2}$টি অণুর সংযোগে।**

এখন, যেহেতু নাইট্রোজেন-অণু এবং হাইড্রোজেন-অণু দ্বি-পারমাণবিক, সুতরাং লেখা যায় : **অ্যামোনিয়ার 1টি অণু গঠিত হয় নাইট্রোজেনের 1টি পরমাণুর সাথে হাইড্রোজেনের 3টি পরমাণুর সংযোগে।**

সুতরাং, অ্যামোনিয়ার আণবিক-সংকেত NH_3 ।

আবার, পরীক্ষাদ্বারা-নির্ণীত অ্যামোনিয়ার বাষ্প-ঘনত্ব 8.5 ; সুতরাং ইহার আণবিক-ওজন $(2 \times 8{\cdot}5)$ বা 17। উপরের পদ্ধতিতে নির্ণীত অ্যামোনিয়ার আণবিক-সংকেত অনুযায়ীও ইহার আণবিক-ওজন $14+3=17$। অতএব, নির্ণীত আণবিক-সংকেত সঠিক।

(b) কার্বন ডাইঅক্সাইডের আণবিক-সংকেত নির্ণয় :

কার্বন ডাইঅক্সাইডের আয়তন সংযুতি নির্ণয়ক—পরীক্ষা থেকে জানা যায়, কার্বন ডাইঅক্সাইডে উহার সম-আয়তন অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ,

1 আয়তন কার্বনডাইঅক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায়, 1 আয়তন কার্বন-ডাইঅক্সাইডে n সংখ্যক অণু বর্ত্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসেও n সংখ্যক অণু বর্ত্তমান। (গ্যাস দুটির আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতায় নির্ণীত হওয়ায়)।

সুতরাং, কার্বনডাইঅক্সাইডের n সংখ্যক অণুতে অক্সিজেনের n সংখ্যক অণু থাকে। বা, 1টি কার্বনডাইঅক্সাইড-অণুতে থাকে অক্সিজেনের 1টি অণু বা 2টি পরমাণু। ($\because$ অক্সিজেনের অণু দ্বি-পারমাণবিক)।

$\therefore$ কার্বনডাইঅক্সাইডের আণবিক-সংকেত C_xO_2, x কার্বন-পরমাণুর সংখ্যা।

এখন পরীক্ষাদ্বারা নির্ণীত কার্বনডাইঅক্সাইডের বাষ্পীয়-ঘনত্ব=22

$\therefore$ ইহার আণবিক ওজন$=2 \times 22=44$ ($\because$ গ্যাসের আঃ ওজন উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ)।

$\therefore \quad 12x+2 \times 16=44$, বা $x=1$.

$\therefore$ কার্বনডাইঅক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2

অনুরূপভাবে, আয়তনিক সংযুতি থেকে যে কোন যৌগিক গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়, যদি গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব জানা থাকে।

[প্রশ্ন : জলের আণবিক-সংকেত নির্ণয় কর। (জলের বাষ্পীয় ঘনত্ব=9)]

মৌলের পারমাণবিক-ওজন নির্ণয় (ক্যানিজারো-পদ্ধতি) ঃ

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে তাঁরই ছাত্র ক্যানিজারো মৌলের পারমাণবিক-ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি আবিষ্কার করেন (1857 সালে)। পদ্ধতিটির মূলনীতি নিম্নরূপ ঃ

ডাল্টনের পরমাণু-বাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ পরমাণু থাকতে পারে না। সুতরাং কোন মৌলের যে কোন যৌগেরই অণুতে মৌলটির 1টির কম পরমাণু থাকতে পারে না। অন্ততঃপক্ষে 1টি পরমাণু থাকতেই হবে, অবশ্য 1টির বেশীও থাকতে পারে।

এই ধারণার ভিত্তিতে পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা এই ভাবেও দেওয়া যেতে পারে ঃ

কোন মৌলের অজস্র যৌগের বিভিন্ন আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলের যে লঘিষ্ঠতম ওজন পাওয়া যায় সেই ওজন-নির্দেশক সংখ্যাটিই মৌলের পাঃ ওজন।

এই সংজ্ঞার ভিত্তিতে মৌলের পারমাণবিক ওজন ক্যানিজারো পদ্ধতিতে এইভাবে নির্ণয় করা যায় ঃ

(1) যে মৌলটির পাঃ ওজন নির্ণয় করতে হবে, তার বেশ কয়েকটি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ সংগ্রহ করা হয়।

(2) প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে ঐ যৌগগুলির বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়।

এখন, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণিত যে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক-ওজন উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ—এই সূত্রের সাহায্যে গ্যাসীয় যৌগগুলির প্রতিটির আণবিক-ওজন নির্ণয় করা হয়।

(3) রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যৌগগুলির প্রত্যেকটির গ্রাম-আণবিক ওজনে মৌলটির কত গ্রাম বর্তমান তাহা নির্ণয় করা হয়।

(4) এইভাবে মৌলটির বিভিন্ন যৌগের বিভিন্ন গ্রাম-আণবিক ওজনে বর্তমান মৌলের লঘিষ্ঠতম ওজন-সংখ্যাটিই এর পারমাণবিক ওজন।

উদাহরণ ঃ মনে করি কার্বনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করতে হবে। সেক্ষেত্রে, কার্বনের বেশ কয়েকটি গ্যাসীয় যৌগ নেওয়া হ'ল, তারপর উপরে বর্ণিত ধাপগুলি যথাযথ অনুসরণ করে ফলাফল পরপৃষ্ঠার তালিকার ন্যায় লিপিবদ্ধ করা হ'ল ঃ

কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ	পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত বাষ্প ঘনত্ব (D)	আণবিক ওজন (M=2D)	গ্রাম-আণবিক ওজন	গ্রাম-অণুতে কার্বনের ওজন
(a) কার্বন মনোক্সাইড	14	$2\times14=28$	28 গ্রাম	12 গ্রাম
(b) কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	$2\times22=44$	44 গ্রাম	12 গ্রাম
(c) মিথেন	8	$2\times8=16$	16 গ্রাম	12 গ্রাম
(d) ইথেন	15	$2\times15=30$	30 গ্রাম	$24(=2\times12)$ গ্রাম
(e) প্রপেন	22	$2\times22=44$	44 গ্রাম	$36(=3\times12)$ গ্রাম
(f) বিউটেন	29	$2\times29=58$	58 গ্রাম	$48(=4\times12)$ গ্রাম

উপরের তালিকা থেকে দেখা যাচ্ছে কার্বনের বিভিন্ন যৌগের গ্রাম-অণুতে বর্তমান কার্বনের লঘিষ্ঠতম ওজন=12 গ্রাম, (অন্যান্য ওজনগুলি 12 এর গুণিতক) এই ওজন-নির্দ্দেশক-সংখ্যা অর্থাৎ 12ই তাহলে কার্বনের সম্ভাব্য পাঃ ওজন।

সীমাবদ্ধতা : (1) এই পদ্ধতিতে কেবলমাত্র সেইসব মৌলের পাঃ ওজনই নির্ণয় করা সম্ভব, যাদের পর্যাপ্ত-সংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায়। অনেক মৌলেরই (বিশেষ করে ধাতব মৌলের ক্ষেত্রে) যথেষ্ট সংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায় না—এদের পাঃ ওজন-নির্ণয়ে ক্যানিজারো পদ্ধতি অপারগ।

(2) ক্যানিজারো পদ্ধতিতে নির্ণীত পাঃ ওজন সঠিক নয়, কারণ পরীক্ষার সাহায্যে প্রাপ্ত বাষ্পীয় ঘনত্ব ত্রুটিমুক্ত নয়।

(3) নির্ণীত পাঃ ওজন প্রকৃত পাঃ ওজনের গুণিতকও হতে পারে।

[প্রশ্ন 3 : এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের পাঃ ওজন কীভাবে নির্ণয় করবে ?]

অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা ঃ 1 গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন পদার্থে (যে কোন অবস্থায়) অণুর সংখ্যা সমান এবং নির্দিষ্ট—এই সংখ্যাকে বলা হয় অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা, এর মান 6.023×10^{23}। আবার যে কোন মৌলের গ্রাম-পারমাণবিক ওজনেও অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক পরমাণু থাকে। অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি আছে।

মোল : এক ডজন পেন্সিল বললে 12টি পেন্সিল বোঝায়, এক দিস্তা কাগজ বললে বুঝতে হবে 24টি কাগজ। অর্থাৎ 'ডজন', 'দিস্তা' ইত্যাদি বস্তু গণনার একক। "মোল" হচ্ছে রসায়ন-বিজ্ঞানী ব্যবহৃত গণনার একক, তবে এক্ষেত্রে গণনার বস্তু হচ্ছে অণু, পরমাণু, আয়ন, ইলেকট্রন ইত্যাদি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বস্তুকণা। এক 'মোল' অণু অর্থে বোঝায় অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক, অর্থাৎ 6.023×10^{23} সংখ্যক অণু। অনুরূপভাবে, 1 'মোল' পরমাণু বললে বোঝাবে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক পরমাণুকে। অর্থাৎ, 'মোল' বলতে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক বস্তুকণার সংগ্রহকে বোঝায়।

তবে 'মোল' শব্দটি ভরের অর্থেও ব্যবহৃত হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদির ভরকেও তাদের 'মোল' বলা চলে। ভরের যেকোন এককই ব্যবহৃত হতে পারে। তবে, রসায়ন-বিজ্ঞানী সাধারণতঃ গ্রামই ব্যবহার করেন, তাই **এক মোল অণু বললে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক অণুর গ্রামে প্রকাশিত ওজনকেই সাধারণতঃ বোঝায়।**

এই ওজন গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণুও বটে। অনেক সময় এক্ষেত্রে শুধু 'মোল' না বলে 'গ্রাম-মোল' ও বলা হয়। [যদি সেকেণ্ডে 1টি করে গণনা করা যায়, তবে 1 মোল বস্তু-কণা গণনা করতে লেগে যাবে 10^{16} বছর। সেই জন্যই মোলকে সংখ্যার হিসাবে প্রকাশ না করে ভরের হিসাবে প্রকাশ করা হয়।]

অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন 32 গ্রাম। ইহাই এক মোল অক্সিজেন-অণু। তাহলে 96 গ্রাম অক্সিজেনে মোলের সংখ্যা কত হবে? নিশ্চয়ই $\frac{96}{32}$ বা 3.

অনুরূপভাবে, সালফারের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন 32 গ্রাম। সুতরাং 320 গ্রাম S এর মধ্যে (পরমাণুর) মোলের সংখ্যা $= \frac{320}{32}$ বা 10. অর্থাৎ,

$$\text{মোলের সংখ্যা} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-আণবিক ওজন (অণুর ক্ষেত্রে) বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (পরমাণুর ক্ষেত্রে)}}$$

উদাহরণ: (1) 16 পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট অক্সিজেন-পরমাণুর প্রকৃত ওজন কত?

সমাধান: ঐ অক্সিজেনের গ্রাম-পারমাণবিক-ওজন = 16 গ্রাম।

যেহেতু, যে কোন মৌলের গ্রাম-পারমাণবিক ওজনে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক বা 6.023×10^{23} টি পরমাণু থাকে, সুতরাং 16 গ্রাম অক্সিজেনে পরমাণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$.

অর্থাৎ, 6.023×10^{23} সংখ্যক (বা 1 মোল) অক্সিজেন-পরমাণুর ওজন = 16গ্রাম।

$\therefore$ অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ওজন $= \dfrac{16}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

$= 2.66 \times 10^{-23}$ গ্রাম (মোটামুটিভাবে)।

(2) 90.08 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা কত? ($H = 1.008$, $O = 16$)

সমাধান: জলের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 2টি পরমাণু এবং অক্সিজেনের 1টি পরমাণু নিয়ে গঠিত। $\therefore$ জলের **গ্রাম-আণবিক ওজন** $= (2 \times 1.008 + 16)$ গ্রাম বা 18.016 গ্রাম।

90.08 গ্রাম জলে 'মোলের' সংখ্যা $= \dfrac{90.08 \text{ গ্রাম}}{18.016 \text{ গ্রাম}} = 5.$

এখন, 1 মোল অণু $= 6.023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু।

$\therefore$ 5 মোল অণু $= 5 \times 6.023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু $= 30.115 \times 10^{24}$ সংখ্যক অণু।

বিকল্প পদ্ধতি: 18.016 গ্রাম জলে থাকে 6.023×10^{23}টি অণু

বা 1 " " " $\dfrac{6.023 \times 10^{23}}{18.016}$টি অণু

বা 90.08 " " " $\dfrac{6.023 \times 10^{23} \times 90.08}{18.016}$টি অণু

বা 3.0115×10^{24} টি অণু।

(3) 1000 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে মোলের সংখ্যা কত?

H_2SO_4 এর গ্রাম-আণবিক ওজন $= (2 \times 1 + 32 + 4 \times 16)$ গ্রাম বা 98 গ্রাম (মোটামুটি)

মোলের-সংখ্যা $= \dfrac{\text{গ্রামে-প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-আণবিক ওজন}} = \dfrac{1000 \text{ গ্রাম}}{98 \text{ গ্রাম}} = 10.2.$

(4) N.T.P. তে 1 লিটার আয়তনের CO_2 গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত?

N.T.P তে 1 গ্রাম-অণু বা 44 গ্রাম CO_2 -এর আয়তন = 22.4 লিটার

অর্থাৎ, N.T.P তে 22.4 লিটার CO_2 গ্যাসে 44 গ্রাম CO_2 বা 1 গ্রাম-মোল CO_2 বর্তমান।

$\therefore$ " 1 লিটার " " $\dfrac{1}{22.4}$ গ্রাম-মোল CO_2 বর্তমান।

এখন, 1 গ্রাম-মোল CO_2-এর অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$.

$$\therefore \frac{1}{22.4} \text{ ,, ,, ,, ,, ,, } = \frac{1}{22.4} \times 6.023 \times 10^{23}$$
$$= 2.69 \times 10^{22}$$

(5) এক গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করলে উদ্ভূত হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত হবে ? (H.S., 1976)

ম্যাগনেশিয়াম এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

24 গ্রাম 2 গ্রাম

উপরের সমীকরণ অনুযায়ী 24 গ্রাম Mg দ্বারা অতিরিক্ত H_2SO_4 থেকে 2 গ্রাম (মোটামুটিভাবে) বা **1 গ্রাম-মোল** হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।

∴ 1 গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম দ্বারা H_2SO_4 থেকে $\frac{1}{24}$ গ্রাম-মোল হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।

এখন, 1 গ্রাম-মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= \mathbf{6.023 \times 10^{23}}$

(অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা)

$$\therefore \frac{1}{24} \text{ ,, ,, ,, ,, } = \frac{1}{24} \times 6.023 \times 10^{23} \text{ বা}$$

মোটামুটিভাবে $\mathbf{2.5 \times 10^{22}}$.

অর্থাৎ, উদ্ভূত হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $\mathbf{2.5 \times 10^{22}}$ (মোটামুটিভাবে)।

(6) (a) 0.04 গ্রাম ওজন বিশিষ্ট 1 বিন্দু জলে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।
(b) 0.25 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন গ্যাসের N.T.P তে আয়তন কত ?

(H.S., 1973)

(a) 1 গ্রাম-মোল বা 18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

$$\therefore \text{ 1 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা} = \frac{6.023 \times 10^{23}}{18}$$

$$\therefore 0.04 \text{ ,, ,, ,, ,, } = \frac{6.023 \times 0.04 \times 10^{23}}{18}$$

বা $\mathbf{1{,}33 \times 10^{21}}$

বিকল্প : 0.04 গ্রাম জলে মোলের সংখ্যা $= \frac{0.04}{18}$

1 মোলে অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

$$\therefore \frac{0.04}{18} \text{ ,, ,, ,, } = \frac{6.023 \times 0.04 \times 10^{23}}{18} \text{ বা } \mathbf{1.33 \times 10^{21}}$$

(b) 0.25 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিনের অর্থ $\frac{0.25}{2}$ বা 0.125 **গ্রাম-অণু** ক্লোরিন।

(∵ ক্লোরিন-অণু দ্বি-পারমাণবিক)

1 গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের N.T.P. তে আয়তন 22.4 লিটার।

∴ 0.125 গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের N.T.P. তে আয়তন 22.4×0.125 লিটার বা 2.8 লিটার।

সূত্র, প্রকল্প, বাদ ইত্যাদি ঃ

প্রত্যক্ষ ইন্দ্রিয়-গ্রাহ্য ঘটনা সম্পর্কীয় বিবৃতি হচ্ছে **তথ্য** (fact)। অনেক ক্ষেত্রে, তথ্য প্রত্যক্ষ পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ দ্বারাও প্রতিষ্ঠিত হতে পারে।

বিশুদ্ধ জল স্বাদহীন এবং বর্ণহীন—এই বিবৃতি একটি তথ্য, কারণ এই বিবৃতির সত্যতা জলের স্বাদ গ্রহণ করে এবং চোখে দেখেই যাচাই করা সম্ভবপর।

আবার, বরফ উত্তাপে গলে—এটিও তথ্য—বরফে তাপ প্রয়োগ করে সহজেই এই সত্য প্রমাণ করা যায়।

সূত্র (বা law) হচ্ছে পরীক্ষালব্ধ তথ্যের সংক্ষিপ্ত প্রকাশ। অর্থাৎ, প্রচুর পরীক্ষামূলক তথ্য পর্যবেক্ষণ-দ্বারা প্রতিষ্ঠিত সিদ্ধান্তের নির্বিশেষ (generalised) প্রকাশ। কোন সূত্রের ব্যতিক্রমের ঘটনা যদি খুবই কম হয় বা একেবারে না হয়, তবে সূত্রটি সঠিক বলেই গৃহীত হয়। একটি সূত্র পরবর্তীকালে সামান্য পরিবর্তিত বা পরিবর্দ্ধিত হতে পারে অথবা একেবারে পরিত্যক্তও হতে পারে। **তথ্য কিন্তু পরিবর্তিত হতে পারে না।** সূত্র বিবৃতি বা গাণিতিক সমীকরণের আকারে থাকতে পারে। **ভরের নিত্যতা সূত্রটি একটি সূত্র।**

প্রকল্প এবং তত্ত্ব ঃ বিজ্ঞানী কেবলমাত্র তথ্য পর্যবেক্ষণ করেই সন্তুষ্ট থাকতে পারেন না, ঐ তথ্যের ব্যাখ্যা দিতেও সচেষ্ট হন। কল্পনা এবং যুক্তি মিশিয়ে বিজ্ঞানী কোন ঘটনার ব্যাখ্যা দিতে চেষ্টা করেন। যখন দেখা যায়, কোন ধারণা একই ধরণের অনেক ঘটনাকেই ব্যাখ্যা করতে সমর্থ হয়, তখন ঐ ধারণাকে **প্রকল্প** বলা হয়। কোন প্রকল্প থেকে অনেকক্ষেত্রেই কতকগুলো অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়—এই অনুসিদ্ধান্তগুলি প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হতে পারে—সেক্ষেত্রে প্রকল্পটি পরোক্ষভাবে প্রমাণসিদ্ধ হয়—এসবক্ষেত্রে প্রকল্পটি সূত্রের মর্যাদা লাভ করে। যেমন—**অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প।** এটি পরে সূত্রের মর্যাদা লাভ করেছে।

তত্ত্বের সীমা বিস্তৃততর। যে বিষয় সম্পর্কে তত্ত্ব দেওয়া হয়, সেই বিষয় সম্পর্কীয় প্রচুর তথ্যের বিশ্লেষণে তত্ত্বটিকে সমর্থ হতে হবে। **ডাল্টনের পরমাণুবাদ একটি তত্ত্ব।** একটি সুন্দর তত্ত্ব আরও নূতন নূতন তত্ত্ব আবিষ্কারের পথ খুলে দিতে পারে।

অনুশীলনী

(1) কোনটি ঠিক?

(i) ডাল্টনের পরমাণুবাদ এবং গে লুসাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্যবিধান করে যে সূত্র সেটি হচ্ছে : (a) বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা, (b) গুণানুপাত-সূত্র (c) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প।

(ii) 3টি গ্যাসজার আছে, তার প্রথমটিতে রয়েছে 2 লিটার হাইড্রোজেন, দ্বিতীয়টিতে 5 লিটার অক্সিজেন এবং তৃতীয়টিতে 7 লিটার নাইট্রোজেন। গ্যাস তিনটি পরীক্ষাগারের চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় রয়েছে। প্রথম গ্যাসজারে যদি 2.4×10^{22} সংখ্যক অণু থাকে, তাহলে দ্বিতীয় এবং তৃতীয় গ্যাসজারে অণুর সংখ্যা যথাক্রমে :

(a) 2.4×10^{22}, 2.4×10^{22}, (b) 1.2×10^{23}, 1.68×10^{23}, (c) 6×10^{22}, 8.4×10^{22}.

(iii) ওজোন এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া অন্য মৌল-গ্যাসের ক্ষেত্রে 1টি অণুতে পরমাণুর সংখ্যা কমপক্ষে (a) 1টি (b) 2টি এবং (c) 3টি।

(iv) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 44.8 লিটার আয়তন অধিকার করে যে পরিমান কার্বন-ডাইঅক্সাইড তা (a) 44গ্রাম, (b) 32গ্রাম, (c) 88গ্রাম।

(v) অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32, এর অর্থ :

(a) অক্সিজেনের 1টি অণুর ওজন 32 গ্রাম, (b) অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ওজন 16 ধরলে অক্সিজেন-অণুর যে ওজন পাওয়া যায়, সেই সংখ্যাই 32, (c) অক্সিজেনের 2টি পরমাণুর ওজন 32 গ্রাম।

(2) নিচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা ?

(a) গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব এর আণবিক ওজনের দ্বিগুণ।

(b) 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং 1 গ্রাম-অণু জলে অণুর সংখ্যা সমান।

(c) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন 22.4 লিটার, কিন্তু 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন 11.2 লিটার।

(d) N. T. P তে 22.4 লিটার আয়তন অধিকার করে যত গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থ, তাহাই ঐ পদার্থের গ্রাম-আণবিক ওজন।

(3) অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পটি বিবৃত কর। গে লুসাকের গ্যাসায়ন-সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদের মধ্যে কিভাবে এই প্রকল্পটি সামঞ্জস্যবিধান করেছে একটি উদাহরণ দিয়ে বোঝাও। প্রকল্পটিকে কি 'সূত্র' বলা যায়? ঐ প্রকল্প থেকে গ্যাসায়তন সূত্রে কিভাবে উপনীত হওয়া যায় দেখাও।

(4) "একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন নাইট্রিকঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে"—এই তথ্য থেকে কিভাবে প্রমাণ করবে : (a) নাইট্রোজেনের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু আছে, (b) নাইট্রিক-অক্সাইডের আণবিক-সংকেত NO ?

(5) **গ্রাম-অণু** এবং **গ্রাম-আণবিক আয়তন** বলতে কি বোঝা যায়? N. T. P. তে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22.4 লিটার—কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

(6) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে দেখাও যে কোন গ্যাসের আণবিক-ওজন, ইহার হাইড্রোজেন-সম্পর্কীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ। অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন 17, ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ?

(7) (a) সূত্র ও প্রকল্পের মধ্যে পার্থক্য দেখাও। (b) অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পটি বিবৃত কর। দেখাও যে, হাইড্রোজেনের অণুতে কমপক্ষে দুটি হাইড্রোজেন-পরমাণু আছে। (c) $0^{\circ}C$ উষ্ণতা ও 722 মিঃ মিঃ চাপে মাপা হয়েছে এমন 20 লিটার কার্বনডাই-অক্সাইডের ওজন গণনা কর। (C=12, O=16) (H. S. 1974)

(Hints : বয়েল ও চার্লস্ এর মিলিত-সূত্র $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ থেকে N. T. P. তে ঐ CO_2 এর আয়তন = 16.37 লিঃ। N. T.P. তে 22.4 লিটার CO_2 এর ওজন = 44 গ্রাম।

$\therefore$ 16.37 লিটার CO_2 এর ওজন $=\frac{44\times16.37}{22.4}$ গ্রাম = **32.16** গ্রাম)

(8) (a) দেখাও যে 1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে সম-সংখ্যক অণু থাকে। এই সংখ্যাটিকে কি বলে ? এর মান কত ?

(b) $27^{\circ}C$ উষ্ণতায় এবং 740 mm চাপে 0.05 গ্রাম পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 21.7 c.c. গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। ঐ অবস্থায় 0.05 গ্রাম গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত ? (H. S. Sup '73)

(উঃ 58.24, 5.17×10^{20})

(9) অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতিটি একটি উদাহরণ সহযোগে আলোচনা কর। (H.S., 1973)
1 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন N.T.P. তে কত ? এই অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত ? (H.S., 1972)

(উঃ 11.2 লিটার, 2.69×10^{22})

(10) একটি মৌল X-এর কতকগুলি উদ্বায়ী যৌগ A, B, C, D-এর বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 8.5, 22, 21.5 এবং 26 এবং ঐ যৌগগুলিতে X এর শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 82.3, 63.7, 97.7 এবং 53.6। X-এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন কত ? যৌগগুলির প্রতিটির 1টি অণুতে X এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যাই বা কত ?

সমাধান : আমরা জানি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন = 2x বাষ্প-ঘনত্ব।

$\therefore$ A, B, C ও D এর আণবিক ওজন যথাক্রমে 17, 44, 43 এবং 52

100 ভাগ ওজনের A যৌগে X মৌলের ওজনগত পরিমাণ 82.3

$\therefore$ 17 " " " " " " " " $=\frac{82.3}{100}\times17=14$ (প্রায়)

অনুরূপভাবে, 44 ভাগ ওজনের B যৌগে X এর ওজনগত পরিমাণ

$$=0.637\times 44=28 \text{ (প্রায়)}$$

43 ভাগ ওজনের C যৌগে X-এর ওজনগত পরিমাণ $=42$

52 ভাগ ওজনের D যৌগে X-এর ওজনগত পরিমাণ $=28$ (প্রায়)।

$\therefore$ X এর বিভিন্ন উদ্বায়ী যৌগ A, B, C, D এর বিভিন্ন আণবিক ওজনে বর্তমান X এর বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি **14.** ইহাই X এর সম্ভাব্য পা: ওজন।

$\therefore$ A যৌগের অণুতে X পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা $=\mathbf{1}$

B " " " " " " $=\frac{28}{14}=\mathbf{2}$

C " " " " " " $=\frac{42}{14}=\mathbf{3}$

এবং D " " " " " " $=\frac{28}{14}=\mathbf{2}$

চতুর্থ অধ্যায়

বিজ্ঞানীরা বৈজ্ঞানিক তথ্যসমূহ সংক্ষেপে লিপিবদ্ধ করতে এবং প্রকাশ করতে চেষ্টা করেন। এই প্রবণতা বিজ্ঞানীদের সহজাত। এতে অনেক তথ্য কম সময়ে অল্প আয়াসে স্বচ্ছভাবে আয়ত্ব ও প্রকাশ করা সম্ভব হয়। রসায়ন শাস্ত্রেও রাসায়নিক সংযুতি ও রাসায়নিক পরিবর্তন সমূহ সংক্ষেপে ও সহজতর ভাবে প্রকাশ করা হয়। এর জন্য চিহ্ন এবং সংকেত ব্যবহার করা হয়।

চিহ্ন ঃ মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করার প্রচেষ্টা বহুদিন থেকে চলে আসছে। অবশেষে 1811 সালে সুইডেনের বিজ্ঞানী জাকব বারজেলিয়াস মৌলিক পদার্থের নামের আত্তক্ষর দিয়ে মৌলিক পদার্থকে চিহ্নিত করার প্রস্তাব দেন এবং বর্তমানে এই প্রথাই প্রচলিত। **যা দিয়ে মৌলিক পদার্থের নামকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাকে বলে চিহ্ন।**

(1) সাধারণতঃ মৌলিক পদার্থের ইংরাজী নামের বড় হাতের প্রথম অক্ষর দিয়ে মৌলিক পদার্থকে চিহ্নিত করা হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের (Hydrogen) চিহ্ন H, অক্সিজেনের (Oxygen) চিহ্ন O, নাইট্রোজেনের (Nitrogen) চিহ্ন N, ইত্যাদি।

(2) কিন্তু অনেক ক্ষেত্রে অনেকগুলি মৌলিক পদার্থের নামের প্রথম অক্ষর একই হয়। এসব ক্ষেত্রে এদের মধ্যে একটিকে নামের প্রথম অক্ষর দিয়ে চিহ্নিত করা হয় এবং অপরগুলিকে নামের প্রথম অক্ষর ও দ্বিতীয় অক্ষর বা প্রথম অক্ষর ও তার পরে প্রধান রূপে উচ্চারিত অক্ষর, এই দুইটি অক্ষর দিয়ে চিহ্নিত করা হয় —দুইটি অক্ষরের মধ্যে প্রথম অক্ষর বড় হাতের এবং পরের অক্ষর ছোট হাতের হরফে লেখা হয়। যেমন,

নাম	চিহ্ন	নাম	চিহ্ন
কার্বন (Carbon)	C	বোরন (Boron)	B
ক্লোরিন (Chlorine)	Cl	ব্রোমিন (Bromine)	Br
ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca	বেরিয়াম (Barium)	Ba
কোবাল্ট (Cobalt)	Co	বেরিলিয়াম (Beryllium)	Be
ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	Cd	বিসমাথ (Bismuth)	Bi
[প্রত্যেকেরই নামের প্রথম অক্ষর C]		[প্রত্যেকেরই নামের প্রথম অক্ষর B]	

(3) কিছু মৌলিক পদার্থের চিহ্ন তাদের ল্যাটিন নাম থেকে করা হয়েছে। এক্ষেত্রেও নিয়ম একই—ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষর বা প্রথম ও দ্বিতীয় অক্ষর বা প্রথম ও তারপরে প্রধান রূপে উচ্চারিত অক্ষর চিহ্ন হিসাবে ব্যবহার করা হয়। যেমন,

নাম	ল্যাটিন নাম	চিহ্ন
কপার (তামা)	কিউপ্রাম (Cuprum)	Cu
গোল্ড (সোনা)	অরাম (Aurum)	Au
আয়রন (লোহা)	ফেরাম (Ferrum)	Fe
সিলভার (রূপা)	আরজেনটাম (Argentum)	Ag
মারকারি (পারদ)	হাইড্রারজিরাম (Hydrargyrum)	Hg

টাংস্টেনের চিহ্ন (W) তার জার্মান নাম উলফ্রাম (Wolfrum) থেকে করা হয়েছে।

1নং সারণীতে মৌলিক পদার্থগুলির নাম ও চিহ্ন (পারমাণবিক সংখ্যা ও ওজন সহ) দেখান হল।

কোন মৌলিক পদার্থের চিহ্ন দ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের (1) নাম (2) একটি পরমাণু এবং (3) একটি নির্দিষ্ট ওজন—পারমাণবিক ওজন বোঝায়। যেমন 'H' বলতে মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং 1·008 ভাগ ওজন বোঝায়।

[প্রশ্ন A4·1 : 'O' দিয়ে কি কি বোঝানো হয় ?]

কোন মৌলিক পদার্থের একাধিক পরমাণু বোঝাতে চিহ্নের বাঁদিকে উপযুক্ত সংখ্যা লেখা হয়। যেমন, 2H মানে হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু, 3N মানে নাইট্রোজেনের তিনটি পরমাণু, 4O মানে অক্সিজেনের চারটি পরমাণু ইত্যাদি।

সংকেত : কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুর সংক্ষেপে প্রকাশকে সংকেত বলে। মৌলিক পদার্থের অণুর সংকেত লিখতে হলে মৌলিক পদার্থের চিহ্ন লেখা হয় এবং চিহ্নের ডানদিকে নীচে অণুতে যে কয়টি পরমাণু থাকে সেই সংখ্যা ছোট হরফে লেখা হয়। যথা, অক্সিজেনের একটি অণুতে আছে দুইটি পরমাণু ; সুতরাং অক্সিজেনের অণুর সংকেত হল O_2। অনুরূপ ভাবে হাইড্রোজেন (অণুতে দুইটি পরমাণু), নাইট্রোজেন (অণুতে দুইটি পরমাণু), গ্যাসীয় ফসফরাস (অণুতে চারটি পরমাণু) অণুর সংকেত হল যথাক্রমে H_2 , N_2 , P_4। যে সব মৌলের অণুতে একটি পরমাণু আছে তাদের চিহ্ন ও সংকেত একই হয়। যেমন জিংকের চিহ্ন ও সংকেত হল Zn।

[প্রশ্ন A 4·2 : 2H এবং H_2 এর মধ্যে পার্থক্য কি ?]

যৌগিক পদার্থের অণুতে যৌগিক পদার্থ যে মৌলিক পদার্থগুলি দিয়ে গঠিত তাদের পরমাণুর সংখ্যা সর্বদা নির্দিষ্ট। যৌগিক পদার্থের অণুর সংকেত লিখতে হলে যৌগিক পদার্থ যে মৌলিক পদার্থগুলি দিয়ে গঠিত তাদের চিহ্ন পাশাপাশি লেখা হয় এবং প্রতিটি চিহ্নের ডাইনে নীচের দিকে অণুতে উপস্থিত মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা ছোট হরফে লেখা হয়। পরমাণুর সংখ্যা 1 হলে তা আর লেখা হয় না। যেমন, সোডিয়াম অক্সাইডের অণুতে দুইটি সোডিয়ামের পরমাণু এবং একটি অক্সিজেনের পরমাণু আছে ; সুতরাং সোডিয়াম অক্সাইডের সংকেত হল Na_2O। সংকেত লিখতে প্রথমে ধাতব মৌলের এবং তারপর অধাতব মৌলের চিহ্ন লেখা হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনেক সময় দুই বা ততোধিক মৌলের কয়েকটি পরমাণুর সমবায় একসাথে একটি একক হিসাবে অংশ গ্রহণ করে। অর্থাৎ তারা একটি একক হিসাবে কোন যৌগের অণু থেকে বিচ্ছিন্ন হয় এবং যখন অন্য যৌগ উৎপন্ন করে তখন সেই যৌগেও একটি একক হিসাবেই উপস্থিত থাকে। তর্থাৎ তারা যেন কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মত ব্যবহার করে। এদের বলা হয় যৌগ-মূলক। যেমন, NH_4 (অ্যামোনিয়াম), SO_4 (সালফেট), CO_3 (কার্বনেট), SO_3 (সালফাইট), PO_4 (ফসফেট), NO_3 (নাইট্রেট), NO_2 (নাইট্রাইট) ইত্যাদি। যে সব যৌগে যৌগমূলক উপস্থিত আছে তাদের, যেমন ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত লিখতে হলে, ক্যালসিয়ামের চিহ্ন ও

ফসফেটের সংকেত পাশাপাশি লেখা হয় এবং ক্যালসিয়ামের চিহ্নের নীচে ছোট হরফে পরমাণুর সংখ্যা এবং ফসফেটের সংকেত প্রথম বন্ধনীর মধ্যে রেখে বন্ধনীর শেষে নীচের দিকে ছোট হরফে যৌগ মূলকের সংখ্যা লেখা হয়। ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত হল $Ca_3 (PO_4)_2$। কোন পদার্থের সংকেত সেই পদার্থের একটি অণুকে বোঝায়। একাধিক অণু বোঝানোর জন্য সংকেতের বাঁদিকে উপযুক্ত সংখ্যা লেখা হয়। যেমন $2H_2$ হল দুইটি হাইড্রোজেনের অণু, $3H_2O$ তিনটি জলের অণু, $4\ Ca_3 (PO_4)_2$ 4টি ক্যালসিয়াম ফসফেটের অণু।

সংকেত থেকে কি জানা যায়ঃ (1) সংকেত থেকে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের নাম জানা যায়; (2) মৌলিক পদার্থের অণুর সংকেত থেকে অণুতে কয়টি পরমাণু আছে জানা যায়; (3) যৌগিক পদার্থের সংকেত থেকে যৌগিক পদার্থের অণু কি কি মৌলিক পদার্থের কয়টি করে পরমাণু দিয়ে গঠিত তা জানা যায়; (4) সংকেত পদার্থের একটি নির্দিষ্ট ওজন—আণবিক ওজন নির্দেশ করে। অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলির পারমাণবিক ওজন যোগ করলে আণবিক ওজন পাওয়া যায়। যথা, হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর পারমাণবিক ওজনের সমান অর্থাৎ, 2·016। আবার Al_2O_3 হল অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত; এর আণবিক ওজন হল $(2 \times 26{\cdot}98) + (3 \times 16{\cdot}00)$ বা 101.96। সঠিকভাবে বলতে গেলে, এইভাবে পরমাণুগুলির পারমাণবিক ওজনের যোগফল যা প্রকাশ করে তা হল সাংকেতিক ওজন (Formula Weight)। আণবিক ওজন ও সাংকেতিক ওজনের এই পার্থক্য করার কারণ আছে। অনেক সময় সাংকেতিক এককই হল অণু। আবার অনেক সময় অনেকগুলি সাংকেতিক একক সংঘবদ্ধ ভাবে অতিকায় অণু হিসাবে অবস্থান করে—(যেমন, সিলিকন্ ডাই অক্সাইড) এবং এদের প্রত্যেকের ওজন হল সাংকেতিক ওজনের একটি পূর্ণসংখ্যার গুণফল; এক্ষেত্রে আণবিক ওজন বলতে ঐ অনেকগুলি সাংকেতিক এককযুক্ত সমগ্রের ওজন বোঝানো উচিত। আবার অনেক যৌগিক পদার্থ আছে যাদের ক্ষেত্রে যেন অণুর সংকেত লেখা যায় এবং যারা—প্রকৃত পক্ষে অণু হিসাবে অবস্থান না করে বিয়োজিত অবস্থায় আয়ন হিসাবে থাকে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড। প্রকৃতপক্ষে, কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইডে NaCl অণুর অস্তিত্ব নাই। সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি আয়নিত কঠিন পদার্থ এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে Na^+ আয়ন এবং Cl^- আয়ন নিয়মিত ঘনকীয় শ্রেণীবদ্ধতায় সজ্জিত আছে। একটি

Na^+ ছয়টি Cl^- দ্বারা এবং একটি Cl^- ছয়টি Na^+ দ্বারা বেষ্টিত, যার ফলে কোন Na^+ আয়নই কোন বিশেষ Cl^- আয়নের নয় এবং NaCl অণুরও কোন অস্তিত্ব নাই। অবশ্য বাষ্পীয় অবস্থায় NaCl অণুর অস্তিত্ব আছে। এইসব ক্ষেত্রে সাংকেতিক ওজনই বোঝানো হয়। সাংকেতিক ওজন গ্রামে প্রকাশ করলে পাওয়া যায় গ্রাম—সাংকেতিক ওজন এবং গ্রাম—সাংকেতিক ওজন $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা) সংখ্যক সাংকেতিক এককের (1 মোল সাংকেতিক এককের) ওজন প্রকাশ করে। (5) কোন যৌগের সংকেত থেকে যৌগের আণবিক ওজনে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত বোঝা যায় ; (6) যেহেতু প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কোন গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম—আণবিক ওজনের আয়তন হল 22·4 লিটার, সুতরাং কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত থেকে যে আণবিক ওজন পাওয়া যায় তাকে গ্রামে প্রকাশ করলে তার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে হয় 22·4 লিটার।

[প্রশ্ন A 4. 3 : Cl_2 থেকে কি কি বোঝা যায় ?]

কোন পদার্থের সংকেত থেকে সেই পদার্থের শতকরা সংযুতি এবং শতকরা সংযুতি থেকে সংকেত নির্ণয় করা যায়। (পরে দেখ)।

যোজ্যতা : মৌলিক পদার্থগুলি যখন রাসায়নিক বিক্রিয়া করে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে তখন মৌলিক পদার্থগুলির পরমাণুরা সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়। এখন দেখা যায় একটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ যখন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সাথে পৃথকভাবে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয় তখন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সাথে নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু সংযুক্ত হতে পারে। যেমন, ক্লোরিন হাইড্রোজেন, জিঙ্ক, অ্যালু-মিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের সাথে পৃথক পৃথক ভাবে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), জিঙ্ক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$), অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) ও প্ল্যাটিনিক ক্লোরাইড ($PtCl_4$) উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের একটি পরমাণুর সাথে ক্লোরিনের যথাক্রমে 1টি, 2টি, 3টি ও 4টি পরমাণু রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। অর্থাৎ, **বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর অপর মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সাথে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতা এক নয়। সুতরাং, মৌলিক পদার্থগুলির রাসায়নিক মিলন ক্ষমতা বিভিন্ন।** (একই রাসায়নিক মিলন ক্ষমতা বিশিষ্ট বিভিন্ন মৌলও আছে—তাদের যোজ্যতা সমান। পরে দেখ।)

আবার, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের কোন নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ থেকে কোন নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থকে প্রতিস্থাপন করার ক্ষমতাও বিভিন্ন হতে পারে। নীচের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি থেকে দেখা যায়ঃ

$$2\,Na+2\,HCl=2\,NaCl+H_2 \;\ldots\ldots\ldots(1)$$

$$Mg+2\,HCl=MgCl_2+H_2 \;\ldots\ldots\ldots(2)$$

$$2\,Al+6\,HCl=2\,AlCl_3+3\,H_2 \;\ldots\ldots\ldots(3)$$

1 পরমাণু সোডিয়াম 1 অণু HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে; 1 পরমাণু Mg 2 অণু HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে; 1 পরমাণু **Al** 3 অণু HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে 3 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

কোন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলন-ক্ষমতাকে যোজ্যতা বলে। এই সংজ্ঞা হল আদিক (qualitative)। পরিমাপগত (quantitative) ভাবে যোজ্যতা প্রকাশ করতে হলে একটি এককের প্রয়োজন। দেখা গিয়াছে, হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপর কোন মৌলের একাধিক পরমাণুর সাথে (হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড, N_3H ব্যতিরেকে) রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হতে পারে না। সুতরাং, হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলন ক্ষমতা বা যোজ্যতা যোজ্যতার একক হিসাবে গ্রহণ করা হয় এবং এই অনুসারে অন্য মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 ধরা হয়। এখন সব মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয় না। তাদের ক্ষেত্রে কি করা হয়? এইসব ক্ষেত্রে কোন জানা যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের কয়টি পরমাণুর সাথে এদের একটি পরমাণু মিলিত হয় নির্ণয় করে এদের যোজ্যতা নির্দ্ধারণ করা হয়। যেমন, গোল্ড সোজাসুজি হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয় না, কিন্তু ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয়ে অরিক ক্লোরাইড, $AuCl_3$ উৎপন্ন করে। আবার, ক্লোরিনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে অর্থাৎ, ক্লোরিনের যোজ্যতা এক (এক যোজী)। সুতরাং গোল্ড হল ত্রিযোজী (যোজ্যতা 3)।

কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বা ক্লোরিন পরমাণুর সাথে রাসায়নিকভাবে মিলিত হতে পারে বা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যত সংখ্যক হাইড্রোজেন বা

ক্লোরিন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করতে পারে সেই সংখ্যা হল সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা।

[লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে জিঙ্কের বিক্রিয়ায় 1 পরমাণু জিঙ্ক 2 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করেঃ $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ সুতরাং জিঙ্ক দ্বিযোজী (যোজ্যতা 2)]

[প্রশ্ন A4.4 : (a) HCl. H_2O, NH_3 ও CH_4 এর ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বনের যোজ্যতা কত?
(b) $ZnCl_2$, $AlCl_3$ ও $PtCl_4$-এ জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের যোজ্যতা কত?
(c) 65নং পৃষ্ঠার (1), (2) ও (3)নং সমীকরণ থেকে Na, Mg এবং Al এর যোজ্যতা নির্ণয় কর।]

মনে রাখা প্রয়োজন সব মৌলিক পদার্থ বা যৌগ মূলকই পরস্পরের সাথে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয় না। যেমন, ধাতু ও অধাতুর পরস্পরের সাথে রাসায়নিক মিলন প্রবণতা বেশী, কিন্তু দুটি ধাতু বা দুটি অধাতুর মধ্যে এই প্রবণতা অনেক কম—অনেক ক্ষেত্রে মিলন হয়ই না। মিলন ক্ষমতা প্রকৃতপক্ষে পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের উপর নির্ভর করে। পরে এ বিষয়ে আলোচনা করা হবে।

মৌলিক পদার্থের যৌগমূলকের যোজ্যতাও একইভাবে নির্ণয় করা হয়। যেমন, নাইট্রেটমূলক 1 পরমাণু হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, সুতরাং নাইট্রেট (NO_3) একযোজী।

সোডিয়াম, পটাসিয়াম (উভয়েই একযোজী), ক্যালসিয়াম (দ্বিযোজী), অ্যালুমিনিয়াম (ত্রিযোজী), হাইড্রোজেন (একযোজী), অক্সিজেন (দ্বিযোজী) প্রভৃতি অনেক মৌলিক পদার্থেরই যোজ্যতা কার্যতঃ নির্দিষ্ট অর্থাৎ, এরা একাধিক যোজ্যতা দেখায় না। আবার, কোন কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা সব অবস্থায় একই নাও হতে পারে অর্থাৎ, বিভিন্ন অবস্থায় একটি মৌলিক পদার্থ বিভিন্ন যোজ্যতা-সম্পন্ন হতে পারে (পরিবর্তনশীল যোজ্যতা, variable valency)। গুণানুপাত সূত্র থেকে আমরা এ বিষয়ে আভাস পেতে পারি। টিন দুইটি অক্সাইড SnO এবং SnO_2 উৎপন্ন করতে পারে। প্রথমটিতে টিনের যোজ্যতা 2 এবং দ্বিতীয়টিতে 4। সাধারণতঃ নিম্ন যোজ্যতা অবস্থাকে 'আস' অবস্থা এবং উচ্চ যোজ্যতা অবস্থাকে 'ইক' অবস্থা বলে। তাহলে উল্লিখিত যৌগ দুইটির নাম যথাক্রমে স্ট্যানাস অক্সাইড এবং স্ট্যানিক অক্সাইড।

বর্তমান নামকরণে যে সব ধাতব মৌলের একাধিক যোজ্যতা হয় সেই মৌলের নামের পাশে রোমান সংখ্যায় যোজ্যতা লেখা হয়। তাহলে বর্তমান নামকরণ প্রথানুযায়ী স্ট্যানাস ও স্ট্যানিক অক্সাইডের নাম হবে যথাক্রমে টিন (II) অক্সাইড ও টিন (IV) অক্সাইড। রোমান সংখ্যা দিয়ে প্রকৃতপক্ষে জারণ সংখ্যা বোঝানো হয়। কিন্তু যোজ্যতা ও জারণ সংখ্যার মধ্যে ঘনিষ্ঠ সম্বন্ধ আছে (সপ্তম অধ্যায় দেখ)। কিছু মৌলিক পদার্থের আবার অনেক যোজ্যতা আছে। যেমন, নাইট্রোজেনের 1 (উদা. N_2O), 2 (উদা. NO), 3 (উদা. N_2O_3), 4 (উদা. N_2O_4) এবং 5 (উদা. N_2O_5) এই পাঁচটি যোজ্যতা আছে।

মৌলিক পদার্থগুলি একযোজী থেকে অষ্টযোজী (অসমিয়াম অষ্টযোজী) পর্যন্ত হতে পারে। 2 নং সারণীতে কতিপয় মৌলিক পদার্থ ও যৌগমূলকের সাধারণ যোজ্যতা গুলি দেখানো হল।

[**প্রশ্ন A4·5 :** (a) FeO ও Fe_2O_3 তে Fe এর যোজ্যতা উল্লেখ করে উভয় পদ্ধতিতে যৌগ দুটির নাম লেখ।

(b) CuCl ও $CuCl_2$ তে -Cuএর যোজ্যতা উল্লেখ করে উভয় পদ্ধতিতে যৌগ দুটির নাম লেখ।

প্রশ্ন A4·6 : 2নং সারণীতে উল্লিখিত যৌগগুলির নাম লেখ। একাধিক যোজ্যতা সম্পন্ন ধাতবমূলকের ক্ষেত্রে পুরানো এবং বর্তমান নামকরণ প্রথায় নাম লেখ।]

[দুটি মৌলের যৌগকে দ্বি-যৌগ বলা হয়। নামকরণে প্রথমে ধাতব বা অপেক্ষাকৃত বেশী ধণাত্মক মৌলের নাম এবং তারপর অধাতব বা অপেক্ষাকৃত বেশী ঋণাত্মক মৌলের নাম লেখা হয় এবং নামের শেষে 'আইড' যোগ করা হয়। $CaCl_2$ যৌগের নাম হল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড।]

সারণী 2 (A)

কতিপয় মৌলিক পদার্থের সাধারণ যোজ্যতাসমূহ

মৌলিক পদার্থ	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
অ্যালুমিনিয়াম	3	$AlCl_3$
আরসেনিক	3 (*আস, III)	$AsCl_3$
	5 (ইক, V)	$AsCl_5$
অক্সিজেন	2	H_2O
আয়রন	2 (আস, II)	$FeCl_2$
	3 (ইক, III)	$FeCl_3$

মৌলিক পদার্থ	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
আয়োডিন	1, 3, 5, 7	
কপার	1 (আস, I)	$CuCl$
	2 (ইক, II)	$CuCl_2$
ক্যালসিয়াম	2	$CaCl_2$
ক্লোরিন	1, 3, 5, 7	
ক্রোমিয়াম	2 (আস, II)	$CrCl_2$
	3 (ইক, III)	$CrCl_3$
	6 (VI)	CrO_3
গোল্ড	1 (আস, I)	$AuCl$
	3 (ইক, III)	$AuCl_3$
জিঙ্ক	2	$ZnCl_2$
টিন	2 (আস, II)	$SnCl_2$
	4 (ইক, IV)	$SnCl_4$
নাইট্রোজেন	1, 2, 3, 4, 5	
পটাসিয়াম	1	KCl
ফসফরাস	3, 5	
ফ্লোরিন	1	
বেরিয়াম	2	$BaCl_2$
বোরন	3	BCl_3
ব্রোমিন	1, 3, 5, 7	
ম্যাগনেসিয়াম	2	$MgCl_2$
ম্যাঙ্গানিজ	2 (আস, II)	$MnCl_2$
	4 (ইক, IV)	$MnCl_4$
মারকারি	1 (আস, I)	$HgCl$
	2 (ইক, II)	$HgCl_2$
লেড	2 (আস, II)	$PbCl_2$
	4 (ইক, IV)	$PbCl_4$
হাইড্রোজেন	1	
সালফার	2, 4, 6	
সিলভার	1	$AgCl$
সিলিকন	4	SiO_2
সোডিয়াম	1	$NaCl$

* বন্ধনীর মধ্যে প্রথমে পুরানো পদ্ধতিতে আস বা ইক এবং তারপর কমা দিয়ে রোমান সংখ্যায় যোজ্যতা দেখানো হল।

সারণী 2 (B)
কতিপয় যৌগমূলকের সাধারণ যোজ্যতাসমূহ

যৌগমূলক	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
অ্যামোনিয়াম (NH_4)	1	NH_4Cl
কার্বনেট (CO_3)	2	Na_2CO_3
ক্লোরেট (ClO_3)	1	$KClO_3$
থায়োসালফেট (S_2O_3)	2	$Na_2S_2O_3$
নাইট্রেট (NO_3)	1	HNO_3
নাইট্রাইট (NO_2)	1	KNO_2
পারম্যাঙ্গানেট (MnO_4)	1	$KMnO_4$
ফসফেট (PO_4)	3	H_3PO_4
ফেরোসায়ানাইড ($Fe(CN)_6$)	4	$K_4Fe(CN)_6$
ফেরিসায়ানাইড ($Fe(CN)_6$)	3	$K_3Fe(CN)_6$
বাইকার্বনেট (HCO_3) (হাইড্রোজেন কার্বনেট)	1	$NaHCO_3$
বাইসালফেট (HSO_4) (হাইড্রোজেন সালফেট)	1	$NaHSO_4$
বাইসালফাইট (HSO_3) (হাইড্রোজেন সালফাইট)	1	$NaHSO_3$
ব্রোমেট (BrO_3)	1	$KBrO_3$
হাইড্রক্সিল (OH)	1	NaOH
সালফেট (SO_4)	2	H_2SO_4
সালফাইট (SO_3)	2	Na_2SO_3
সিলিকেট (SiO_3)	2	Na_2SiO_3

যোজ্যতা ও সংকেত : মনে করা যাক A এবং B দুইটি মৌল (যৌগমূলকও হতে পারে) যুক্ত হয়ে একটি স্থায়ী যৌগ উৎপন্ন করে। তাহলে, A-এর মোট যোজ্যতা B-এর মোট যোজ্যতার সমান হতে হবে। মনে করি, A মৌলের (যোজ্যতা a) n_1 সংখ্যক পরমাণু B মৌলের (যোজ্যতা b) n_2 সংখ্যক পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে একটি স্থায়ী যৌগ উৎপন্ন করে।

তাহলে A-এর মোট যোজ্যতা=(n_1 সংখ্যক পরমাণুর জন্য) n_1a এবং B-এর মোট যোজ্যতা=(n_2 সংখ্যক পরমাণুর জন্য) n_2b

$$\therefore\ n_1a=n_2b \text{ বা, } \frac{n_1}{n_2}=\frac{b}{a}$$

অর্থাৎ, যৌগের অণুতে মৌল দুটির পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত মৌলদুটির যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে হবে।

তাহলে, A ও B দুটি মৌল যখন কোন স্থায়ী যৌগ গঠন করে তার সংকেত হবে A_bB_a। যৌগমূলকের ক্ষেত্রেও তাই হবে। সুতরাং, যোজ্যতা জানা থাকলে যৌগের সংকেত লেখা যায় এবং তার ফলে হাজার হাজার যৌগের সংকেত মুখস্থ করার দরকার হয় না। আবার, বিপরীতক্রমে যৌগের সংকেত জানা থাকলে, মৌলগুলির যোজ্যতাও বার করা যায়।

উদা: অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা 3, অক্সিজেনের 2; সুতরাং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত Al_2O_3।

Ca এর যোজ্যতা 2, PO_4 এর 3; সুতরাং ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত $Ca_3(PO_4)_2$।

অ্যালুমিনিয়াম ফসফেটে সংকেত $AlPO_4$ (সংকেত লিখতে যোজ্যতার সরল অনুপাত ব্যবহার করা হয়। এখন যোজ্যতার অনুপাত 3:3, সুতরাং 1:1 অনুপাতে সংকেত লেখা হয়)।

[**প্রশ্ন A4·7**: ফেরিক অক্সাইড, জিঙ্ক ফসফেট, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, লেড সালফেট, কিউপ্রিক নাইট্রেট, ক্যালসিয়াম ফসফেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেট, পটাসিয়াম বাইসালফাইট, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, মারকিউরিক অক্সাইড—এই যৌগগুলির সংকেত লেখ। (2 নং সারণীতে যোজ্যতা দ্রষ্টব্য)।]

রাসায়নিক সমীকরণ: রাসায়নিক বিক্রিয়ায় রাসায়নিক পরিবর্তন সাধিত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের অণুর গঠনের পরিবর্তন হয়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুতে পরিণত হয়। প্রত্যেক পদার্থের অণুকেই চিহ্নের সাহায্য নিয়ে সংকেতের দ্বারা প্রকাশ করা যায়। এখন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে কিভাবে প্রকাশ করা যায়? রাসায়নিক সমীকরণ দিয়ে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়। একটি রাসায়ণিক বিক্রিয়া—ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাথে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া—উদাহরণস্বরূপ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক। এই বিক্রিয়াকে কথায় এইভাবে প্রকাশ করা যায়: ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে (বিক্রিয়ার অবস্থা উল্লেখ করা হল না)। এখন একটি সমান (=) চিহ্নের বাঁদিকে বিক্রিয়কগুলিকে

পরস্পরের মধ্যে যোগ (+) চিহ্ন দিয়ে এবং ডানদিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে পরস্পরের মধ্যে (+) চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করলে—

ক্যালসিয়াম কার্বনেট + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ক্যালসিয়ামক্লোরাইড + কার্বন ডাই-অক্সাইড + জল……(4)

এইবার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করলে দাঁড়ায়—

$CaCO_3 + HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$……(5)

তাহলে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে একটি সমীকরণের আকারে প্রকাশ করা হল। কিন্তু জড়ের নিত্যতা সূত্রানুযায়ী বিক্রিয়ার আগে বিক্রিয়কগুলির এবং বিক্রিয়ার পরে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট ভরের কোন পরিবর্তন হতে পারে না। অর্থাৎ, বিক্রিয়ক গুলির মধ্যে কোন মৌলের যতগুলি পরমাণু থাকবে, বিক্রিয়াজাত পদার্থের মধ্যে সেই মৌলের ততগুলি পরমাণুই থাকতে হবে। উপরের (5) নং সমীকরণে বিক্রিয়কগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে ঐ মৌলগুলির পরমাণুর সংখ্যা সমান নাই। সুতরাং, উপযুক্ত রাশি দিয়ে গুণ করে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের অণুর সংখ্যার উপযুক্ত পরিবর্তন ঘটিয়ে রাসায়নিক সমীকরণে সমতা আনতে হবে। এইভাবে পরিবর্তন ঘটালে (5) নং সমীকরণ দাঁড়ায়—

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$……(6)

(6) নং সমীকরণ হল একটি রাসায়নিক সমীকরণ। সুতরাং, **চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাংকেতিক প্রকাশ হল রাসায়নিক সমীকরণ।** রাসায়নিক সমীকরণ লিখতে নিম্নের বিষয়গুলি অনুসরণ করতে হবে :

(1) রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ জানতে হবে অর্থাৎ, কি কি বিক্রিয়ক থেকে কি কি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হল সম্পূর্ণভাবে জানতে হবে।

(2) একটি সমান (=) চিহ্নের বাঁদিকে বিক্রয়কগুলির আণবিক সংকেত পরস্পর যোগ (+) চিহ্ন দিয়ে এবং ডানদিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আণবিক সংকেত পরস্পর যোগ চিহ্ন দিয়ে লিখতে হবে।

(3) রাসায়নিক সমীকরণে সর্বদা পদার্থগুলির আণবিক সংকেত লিখতে হয়। মৌলিক পদার্থ হলেও তাকে সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যেমন, জিঙ্কের সাথে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H$

এইভাবে প্রকাশ করলে ভুল হবে। এই বিক্রিয়া সর্বদা $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ এইভাবে প্রকাশ করতে হবে।

(4) সমীকরণের বাঁদিকে এবং ডানদিকে একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা সমান হতে হবে। যদি এই সংখ্যা সমান না থাকে তবে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আণবিক সংকেতকে উপযুক্ত রাশি দ্বারা গুণ করে সমীকরণে সমতা আনতে হবে।

রাসায়নিক সমীকরণে সমতা আনার বিভিন্ন পদ্ধতি প্রচলিত আছে। যেমন, জারণ-সংখ্যা পদ্ধতি (সপ্তম অধ্যায় দেখ)।

রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কি কি তথ্য জানা যায়ঃ রাসায়নিক সমীকরণের গুরুত্বঃ

$2SO_2+O_2=2SO_3$······(7) এই সমীকরণ উদাহরণস্বরূপ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক।

একটি রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় কি কি বিক্রিয়ক বিক্রিয়া করে কি কি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে। যেমন, উপরের (7) নং রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়কগুলির মধ্যে (+) চিহ্ন বিক্রিয়া করে, (=) চিহ্ন উৎপন্ন করে ও বিক্রিয়াজাত গুলির মধ্যে (+) চিহ্ন এবং বোঝায়। পরিমাপগতভাবে রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায়ঃ

(1) 2 অণু সালফার ডাই-অক্সাইড 1 অণু অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে 2 অণু সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(2) $2\times(32{\cdot}06+2\times16{\cdot}00)$ বা 128·12 তৌলিক ভাগ সালফার ডাই-অক্সাইড $2\times16{\cdot}00$ বা 32·00 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে $2\times(32{\cdot}06+3\times16{\cdot}00)$ বা 160·12 তৌলিকভাগ সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(3) বিক্রিয়ক গুলির মোট ভর (128·12+32·00) বা 160·12 তৌলিক ভাগ বিক্রিয়াজাতের মোট ভর 160·12 তৌলিক ভাগের সমান।

(4) বিক্রিয়ক গুলির মধ্যে মোট পরমাণুর সংখ্যা [2(1+2)+2] বা 8 =বিক্রিয়াজাতের মধ্যে মোট পরমাণুর সংখ্যা [2(1+3)] বা 8

(5) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি গ্যাসীয় হলে তাদের মধ্যে আয়তনিক সম্বন্ধও জানা যায়। যেমন, উপরের সমীকরণ থেকে জানা যায়

একই চাপ ও উষ্ণতায় 2 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড ও 1 আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 2 আয়তন সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিক সমীকরণের প্রভূত গুরুত্ব থাকা সত্ত্বেও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে সব তথ্যই রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না ; অর্থাৎ, রাসায়নিক সমীকরণের কিছু সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন, (1) রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভৌতাবস্থা (কঠিন, তরল না গ্যাস) সম্বন্ধে কিছু জানা যায় না।

(2) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হয় তাপ গৃহীত হবে না হয় তাপ বর্জিত হবে। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে এই তথ্যও জানা যায় না।

(3) রাসায়নিক বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা তাও জানা যায় না।

(4) বিক্রিয়া সংঘটিত হতে কত সময় লাগে জানা যায় না।

(5) রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করতে কোন অনুঘটক ব্যবহার করা হয়েছে কিনা জানা যায় না।

(6) বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির গাঢ়তা (concentration) সম্বন্ধে কিছু জানা যায় না। যেমন, $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ এই সমীকরণ থেকে H_2SO_4 গাঢ় না লঘু ব্যবহার করা হয় জানা যায় না।

(7) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সর্তাবলী সম্বন্ধে কিছু জানা যায় না। অর্থাৎ, কত চাপ ও উষ্ণতায় রাসায়নিক বিক্রিয়াটি ঘটে বা কোন তড়িৎ শক্তি ব্যবহৃত হয় কি না রাসায়নিক সমীকরণ থেকে তা জানা যায় না।

রাসায়নিক সমীকরণ লেখার পদ্ধতির সামান্য পরিবর্তন করে প্রথম তিনটি অসুবিধা অনেক সময় দুর করা যায়। যদিও এ পদ্ধতি বহুল প্রচলিত নয়। যেমন, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতগুলির সংকেতের পাশে s, l বা g লিখে পদার্থগুলি কঠিন, তরল না গ্যাসীয় বোঝানো যায়, = চিহ্নের বদলে $\rightleftharpoons$ এই চিহ্ন ব্যবহার করে বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা বোঝানো যায় এবং সমীকরণের ডানদিকে $+Q$ বা $-Q$ (Q=ক্যালোরিতে বা কিলো ক্যালোরিতে তাপের পরিমাণ) লিখে বিক্রিয়ায় কতটা তাপ উদ্ভূত হচ্ছে বা গৃহীত হচ্ছে বোঝানো যায়।

এই পদ্ধতিতে, N_2 ও H_2 মিলে NH_3 উৎপত্তির সমীকরণ হল :

$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)+22{\cdot}8$ কি. ক্যালোরি। বর্তমানে অবশ্য তাপ পরিবর্তন প্রকাশের পদ্ধতি হল :

$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)\ \Delta H=-22{\cdot}8$ কি. ক্যা.। তাপ-রসায়নে এই ধরণের সমীকরণ ব্যবহার প্রচলিত।

রাসায়নিক গণনা : (1) ওজন-ওজন সম্পর্কিত (2) ওজন-আয়তন সম্পর্কিত (3) আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত।

একটি সমিত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে দেখা যায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে তিন ধরণের মাত্রিক সম্পর্ক বিদ্যমান : (i) তৌলিক সম্পর্ক, (ii) তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্ক (iii) আয়তনিক সম্পর্ক।

প্রথম প্রকার সম্পর্কের সাহায্যে ওজন-ওজন সম্পর্কিত, দ্বিতীয় প্রকার সম্পর্কের সাহায্যে ওজন-আয়তন সম্পর্কিত এবং তৃতীয় প্রকার সম্পর্কের সাহায্যে আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত গণনা করা যায়। অবশ্য আয়তন সম্পর্কিত গণনা শুধুমাত্র গ্যাসীয় বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থের ক্ষেত্রেই সম্ভব।

নিম্নে একটি রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে এই সম্পর্কগুলি সংক্ষেপে দেখানো হল : [রাসায়নিক সমীকরণের গুরুত্ব পৃষ্ঠা 72 দেখ]

	$2SO_2$ +	O_2 =	$2SO_3$	
(i)	$2\times 64{\cdot}06$ তৌলিক ভাগ	$32{\cdot}00$ তৌলিক ভাগ	$2\times 80{\cdot}6$ তৌলিক ভাগ	[**তৌলিক সম্পর্ক।** ওজনগুলি আপেক্ষিক। ওজনের যে কোন এককই ব্যবহার করা যায়।]
(ii)	2 আয়তন	1 আয়তন	$2\times 80{\cdot}06$ তৌলিক ভাগ	[**তৌলিক - আয়তনিক সম্পর্ক।**
	বা, 2×22.4 লিটার	$22{\cdot}4$ লিটার	$2\times 80{\cdot}06$ গ্রা.	রাসায়নিক সমীকরণ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়
	অনুরূপ ভাবে, $2\times 22{\cdot}4$ লিটার	32 গ্রাম	$2\times 22{\cdot}4$ লিটার	(N. T. P) আয়তন প্রকাশ করে।
	$2\times 64{\cdot}06$ গ্রাম	$22{\cdot}4$ লিটার	$2\times 22{\cdot}4$ লিটার ইত্যাদি।	1 আণবিক ওজন 1 আয়তন প্রকাশ করে। N.T.P. তে 1 গ্রাম আণবিক অজনের আয়তন $=22.4$ লিটার]
(iii)	2 আয়তন $2\times 22{\cdot}4$ লি.	1 আয়তন $22{\cdot}4$ লি.	2 আয়তন $2\times 22{\cdot}4$ লি	[**আয়তনিক সম্পর্ক**]

(1) **ওজন-ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা :** একটি সমিত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কত তৌলিক ভাগ বিক্রিয়ক কত তৌলিক ভাগ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে জানা যায় (উপরে দেখ)। সুতরাং রাসায়নিক সমীকরণের জ্ঞান থেকে (i) বিক্রিয়াজাত পদার্থ গুলির নির্দিষ্ট ওজন প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ বিক্রিয়ক সমূহের প্রয়োজন, এবং (ii) নির্দিষ্ট ওজনের বিক্রিয়ক থেকে কি পরিমাণ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় অতি সহজেই গণনা করা যায়।

একটি উদাহরণ নেওয়া যাক। বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সাথে লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় বেরিয়াম সালফেট ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল :

$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$। সুতরাং, BaO_2 এর 1 আণবিক ওজন H_2SO_4 এর 1 আণবিক ওজনের সাথে বিক্রিয়া করে $BaSO_4$ এর 1 আণবিক ওজন ও H_2O_2 এর 1 আণবিক ওজন উৎপন্ন করে। বা, 169·34 গ্রাম BaO_2 98·08 গ্রাম H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে 233·40 গ্রাম $BaSO_4$ ও 34·016 গ্রাম H_2O_2 উৎপন্ন করে। এইবার এই আনুপাতিক ওজন থেকে যে কোন একটির ওজন জানা থাকলে অপর তিনটির যে কোনটির ওজন নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণস্বরূপ, w গ্রা. (জানা) BaO_2 কি ওজনের H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে বা কি পরিমাণ $BaSO_4$ বা H_2O_2 উৎপন্ন করে গণনা করা যায়।

উদা।A4·1 : 100 গ্রাম BaO_2 এর সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ H_2O_2 উৎপন্ন হয় ?

BaO_2 এর সাথে H_2SO_4 এর রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল :

$$\underset{169\cdot34}{\overset{100}{BaO_2}} + \underset{98\cdot08}{H_2SO_4} = \underset{233\cdot04}{BaSO_4} + \underset{34\cdot016}{\overset{x}{H_2O_2}}$$

যেহেতু 169·34 গ্রা. BaO_2 থেকে 34·016 গ্রা. H_2O_2 উৎপন্ন হয়, সুতরাং 100 গ্রাম BaO_2 থেকে উৎপন্ন H_2O_2 এর ওজন x গ্রাম নিম্নের অনুপাত থেকে বার করা যায় :

$$\frac{100 \text{ গ্রাম } BaO_2}{169\cdot34 \text{ গ্রাম } BaO_2} = \frac{x \text{ গ্রাম } H_2O_2}{34\cdot016 \text{ গ্রাম } H_2O_2} \quad \cdots\cdots(8)$$

বা, $x = \frac{100 \times 34\cdot016}{169\cdot34}$ বা 20·09।

উত্তর : 20·09 গ্রাম H_2O_2 উৎপন্ন হয়।

[বিকল্প পদ্ধতি :

169·34 গ্রাম BaO_2 উৎপন্ন করে 34·016 গ্রাম H_2O_2

সুতরাং, 100 " " " " $\frac{34 \cdot 016 \times 100}{169 \cdot 34}$ গ্রা. H_2O_2

বা, 20·09 গ্রাম H_2O_2]

কিভাবে সমাধান করা হয় :

(1) প্রথমে বিক্রিয়াটির পূর্ণ সমিত রাসায়নিক সমীকরণ লেখা হয়।

(2) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ গুলির সংকেতের নীচে প্রত্যেকটির আপেক্ষিক ওজন লেখা হয়। পারমাণবিক ওজনগুলি যোগ করে আণবিক ওজন পাওয়া যায়। আণবিক ওজনকে সমীকরণে ব্যবহৃত অণুর সংখ্যা দিয়ে গুণ করে আপেক্ষিক ওজন পাওয়া যায়।

(3) বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের যে ওজন বিক্রিয়া করে বা উৎপন্ন হয় (জানা, দেওয়া থাকে) বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের সংকেতের উপর তা লেখা হয় এবং যে বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের ওজন বার করতে হবে তার সংকেতের উপর x (নির্ণেয় ওজন) লেখা হয়।

(4) অনুপাতের আকারে (সমী. 8) জানা এবং অজানা পদার্থের ওজন প্রকাশ করা হয় এবং এর থেকে x এর মান নির্ণর করা হয়। [অথবা, ঐকিক নিয়মের সাহায্যে x এর মান নির্ণয় করা হয়। উপরের বিকল্প পদ্ধতি দ্রষ্টব্য।]

মনে রাখতে হবে বিক্রিয়ক গুলির মধ্যে একটি অতিরিক্ত পরিমাণে উপস্থিত থাকলেও যেটি সর্বনিম্ন পরিমাণে উপস্থিত থাকে সেটিই বিক্রিয়াকে নির্দ্ধারিত করে। যেমন, উপরের উদাহরণে (উদা. A4.1) অতিরিক্ত পরিমাণ H_2SO_4 উপস্থিত থাকলেও 100 গ্রাম BaO_2 এর সাথে যে পরিমাণ H_2SO_4 বিক্রিয়া করতে পারে সেই পরিমাণ H_2SO_4ই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। একাধিক বিক্রিয়কের ওজন দেওয়া থাকলে এ বিষয়টি ভালভাবে মনে রাখতে হবে (উদা A4.2 দেখ)।

উদা A4.2 : *120 গ্রা. ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও 80 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় ?*

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাথে H_2SO_4 এর বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল :

$$\underset{\substack{(40.08+12.01\\+3\times16.00)\\=100.09}}{\overset{120}{CaCO_3}} + \underset{\substack{(2\times1.008+32.06\\+4\times16.00)\\=98.076}}{\overset{x_1\ 80}{H_2SO_4}} = \underset{\substack{(40.08+32.06\\+4\times16.00)\\=136.14}}{\overset{x}{CaSO_4}} + CO_2 + H_2O \cdots (9)$$

100·09 গ্রা. $CaCO_3$ কে বিযোজিত করতে 98·076 গ্রা. H_2SO_4 প্রয়োজন। সুতরাং, 120 গ্রা. $CaCO_3$ বিযোজিত করতে প্রয়োজনীয় H_2SO_4 এর ওজন x_1 গ্রা. নীচের অনুপাত থেকে বার করা যায় :

$$\frac{120 \text{ গ্রা. } CaCO_3}{100{\cdot}09 \text{ গ্রা. } CaCO_3}=\frac{x_1 \text{ গ্রা. } H_2SO_4}{98{\cdot}076 \text{ গ্রা. } H_2SO_4}$$

বা, $x_1 = \frac{120 \times 98{\cdot}076}{100.09}$ বা 117·6।

∴ প্রয়োজনীয় H_2SO_4 এর ওজন হল 117·6 গ্রাম।

কিন্তু H_2SO_4 এর ওজন দেওয়া আছে 80 গ্রাম। সুতরাং, এই পরিমাণ H_2SO_4 যতখানি $CaCO_3$ এর সাথে বিক্রিয়া করে যত পরিমাণ $CaSO_4$ উৎপন্ন করতে পারে ততটাই $CaSO_4$ উৎপন্ন হবে।

বাকী $CaCO_3$ বিক্রিয়া না করে উদ্বৃত্ত থাকবে। সুতরাং, **এই গণনা H_2SO_4 এর ওজন (সর্বনিম্ন ওজন) ধরে করতে হবে, $CaCO_3$ এর ওজন ধরে নয়।**

98·076 গ্রা. H_2SO_4 উৎপন্ন করে 136·14 গ্রা. $CaSO_4$;

সুতরাং 80 গ্রা. H_2SO_4 থেকে উৎপন্ন $CaSO_4$ এর ওজন x গ্রাম হল :

$$\frac{80 \text{ গ্রা. } H_2SO_4}{98{\cdot}076 \text{ গ্রা. } H_2SO_4}=\frac{x \text{ গ্রাম } CaSO_4}{136{\cdot}14 \text{ গ্রা. } CaSO_4}$$

বা, $x=\frac{80 \times 136{\cdot}14}{98{\cdot}076}=111{\cdot}0$ গ্রাম

∴ নির্ণেয় $CaSO_4$ এর পরিমাণ হল 111·0 গ্রাম।

উদা. A4.3 : 30 গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করে অক্সিজেন উৎপন্ন করা হল। Zn এর উপর H_2SO_4 এর ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হল। $KClO_3$ থেকে প্রাপ্ত অক্সিজেনের সাথে সম্পূর্ণ ভাবে যুক্ত হতে প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে কি পরিমাণ Zn প্রয়োজন ? (C. U.)

[K=39, Zn=65, Cl=35.5]

$$(1)\quad \underset{2\times 122.5}{\overset{30}{2KClO_3}} = 2KCl + \underset{3\times 32}{\overset{x_1}{3O_2}}$$

245 গ্রা. $KClO_3$ থেকে O_2 পাওয়া যায় 96 গ্রা.

∴ 30 „ „ „ „ „ „ $\frac{96\times 30}{245}$ গ্রা. বা, 11.75 গ্রা.

$$(2)\quad \underset{2\times 2.016}{\overset{x_2}{2H_2}} + \underset{32}{\overset{11.75}{O_2}} = 2H_2O$$

32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 4.032 গ্রাম হাইড্রোজেনের সাথে

∴ 11·75 „ „ „ „ $\frac{4{\cdot}032\times 11{\cdot}75}{32}$ „ „

বা, 1·481 গ্রা. „ „

$$\underset{65}{\overset{x_3}{Zn}} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + \underset{2.016}{\overset{1.481}{H_2}} \quad (3)$$

2·016 গ্রা. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে 65 গ্রা. Zn প্রয়োজন

∴ 1·481 ,, ,, ,, ,, $\frac{65 \times 1{\cdot}481}{2{\cdot}016}$ গ্রাম বা, 47·74 গ্রাম Zn প্রয়োজন।

অর্থাৎ, নির্ণেয় পরিমাণ 47·74 গ্রাম।

উদা. **A 4.4 :** 1.84 গ্রাম ওজনের $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর মিশ্রণ তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ মিশ্রণ আর ওজন না হারায়। অবশিষ্ট পদার্থের ওজন হল 0·96 গ্রাম। মিশ্রণে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [AU. 1939 ; Mad. 1911 ; U. P. Board 1943]

মনে করি মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে x গ্রাম ; তাহলে $MgCO_3$ এর পরিমাণ হল (1·84 − x) গ্রাম।

উত্তাপে $CaCO_3$ বিযোজিত হয় :

$$\underset{100}{CaCO_3} = \underset{56}{CaO} + CO_2$$

CaO অবশিষ্ট থাকে, উদ্বায়ী CO_2 বার হয়ে যায়।

100 গ্রা. $CaCO_3$ থেকে 56 গ্রা. CaO অবশিষ্ট থাকে

∴ x ,, ,, ,, $\frac{x \times 56}{100}$ গ্রা. ,, ,, ,,

অনুরূপ ভাবে, $MgCO_3$ উত্তাপে বিযোজিত হয় :

$$\underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$$

MgO অবশিষ্ট থাকে, CO_2 বার হয়ে যায়।

∴ অবশিষ্ট MgO এর পরিমাণ $= \frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84}$ গ্রাম

এখন, প্রশ্নানুযায়ী

$$\frac{56x}{100} + \frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84} = 0{\cdot}96 \text{ বা, } x = 1$$

সুতরাং মিশ্রণে $CaCO_3$ এর পরিমাণ হল 1 গ্রাম এবং $MgCO_3$ এর পরিমাণ হল (1·84 − 1) গ্রা. বা 0·84 গ্রাম।

মিশ্রণে $CaCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ হল $\frac{1 \times 100}{1{\cdot}84}$ বা 54·35

এবং $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ হল $\frac{0{\cdot}84 \times 100}{1{\cdot}84}$ বা 45·65

উদা A4·5 : শতকরা 5 ভাগ বিজাতীয় পদার্থ (H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে না) মিশ্রিত সোডিয়াম নাইট্রেট ও শতকরা 98 ভাগ অ্যাসিড যুক্ত গাঢ়

H_2SO_4 থেকে 5 কিলোগ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ উক্ত সোডিয়াম নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন ?

$$\underset{2\times 85}{2NaNO_3} + \underset{98}{H_2SO_4} = Na_2SO_4 + \underset{2\times 63}{2HNO_3}$$

126 কিগ্রা. নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে 170 কিগ্রা. সোডিয়াম নাইট্রেট ও 98 কিগ্রা. সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন।

$\therefore$ 5 কিগ্রা. নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে $\frac{170\times 5}{126}$ কিগ্রা.

সোডিয়াম নাইট্রেট ও $\frac{98\times 5}{126}$ কিগ্রা. H_2SO_4 প্রয়োজন।

কিন্তু 95 কিগ্রা. সোডিয়াম নাইট্রেট আছে 100 কিগ্রা. নমুনা সোডিয়াম নাইট্রেটে।

$\therefore$ $\frac{170\times 5}{126}$ কিগ্রা. সোডিয়াম নাইট্রেটের জন্য $\frac{100\times 170\times 5}{95\times 126}$ কিগ্রা. উক্ত সোডিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন

বা, 7·101 কিগ্রা. " " "

আবার, 98 কিগ্রা H_2SO_4 আছে 100 কিগ্রা. অ্যাসিডে

$\therefore$ $\frac{98\times 5}{126}$ কিগ্রা. H_2SO_4 এর জন্য $\frac{100\times 98\times 5}{98\times 126}$ কিগ্রা.

বা 3.968 কিগ্রা. অ্যাসিড প্রয়োজন।

[আরও গাণিতিক উদাহরণের জন্য পরিশিষ্ট দেখ]

(2) ওজন-আয়তন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা : রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যদি বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হয় (সবগুলিই গ্যাসীয় হতে পারে, বা এক বা একাধিক পদার্থ গ্যাসীয় হতে পারে) তাহলে কত ওজনের বিক্রিয়ক কত আয়তনের বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে বা কত আয়তনের বিক্রিয়ক থেকে কত ওজনের বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ থেকে সহজেই গণনা করা যায় (তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্ক পৃষ্ঠা 74 দেখ।) ওজন-আয়তন সম্পর্কিত গণনায় নীচের তথ্যগুলি বিশেষ প্রয়োজনীয় :

(i) রাসায়নিক সমীকরণ থেকে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N.T.P. তে) গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আপেক্ষিক আয়তন পাওয়া যায়। যদি অন্য উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন মাপা হয় তবে গ্যাস সমীকরণ $\left(\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\right)$ প্রয়োগ করে গ্যাসের আয়তনকে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপের আয়তনে পরিবর্তিত করা হয়।

(2) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসের 1 গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন হল 22·4 লিটার।

(3) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·08984 গ্রাম ($\approx$ 0.09 গ্রা.)।

(4) কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) $=\frac{1}{2}$ আণবিক ওজন (M)

(বা, M=2D)

কিভাবে গণনা করতে হয়ঃ গণনা করার পদ্ধতি ওজন-ওজন সম্পর্কিত গণনা পদ্ধতির অনুরূপ। নীচের উদাহরণ গুলিতে গণনার পদ্ধতি দেখানো হল।

উদা|A4.6 : (i) 41·4 গ্রাম চকের সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হবে? (ii) ঐ বিক্রিয়ায় প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 11·2 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ চকের প্রয়োজন?

(i) বিক্রিয়াটির সমিত সমীকরণ হল :

$$\underset{\substack{(40+12+48)\\ \text{বা, } 100 \text{ গ্রাম}}}{\overset{41.4 \text{ গ্রা.}}{CaCO_3}} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{22.4 \text{ লি.}}{\overset{x \text{ লি.}}{CO_2}}$$

100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে 22.4 লিটার CO_2 (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে) পাওয়া যায়; সুতরাং 41.4 গ্রা. $CaCO_3$ থেকে NTP-তে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন নীচের অনুপাত থেকে বার করা যায় :

$$\frac{41.4 \text{ গ্রাম } CaCO_3}{100 \text{ গ্রাম } CaCO_3} = \frac{x \text{ লিটার } CO_2 \text{ (NTP-তে)}}{22.4 \text{ লিটার } CO_2 \text{ (NTP-তে)}}$$

$$\text{বা, } x = \frac{41.4 \times 22.4}{100}$$

$$\text{বা, } 9.274$$

$\therefore$ NTP-তে 9.274 লি. CO_2 উৎপন্ন হবে।

বিকল্প পদ্ধতিতেও এই গণনা সম্ভব। নীচের সমাধানে এই পদ্ধতি দেখানো হল।

(ii) $$\underset{100}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{22.4}{CO_2}$$

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22.4 লি. CO_2 পাওয়া যায় 100 গ্রাম চক থেকে

$\therefore$ " " " 11.2 " " " " $\frac{100 \times 11.2}{22.4}$ গ্রা.

বা, 50 গ্রাম চক থেকে।

উদাহরণ A 4.7 : 11 গ্রাম FeS থেকে উৎপন্ন H_2S কে বায়ুতে পুড়িয়ে 15° সে. ও 740 মি. মি. চাপে কত আয়তন SO_2 পাওয়া যায় ?

11 গ্রা. x লি.

(i) $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$

(56 + 32) 22·4 লি

= 88 গ্রা

তাহলে, $\frac{11 \text{ গ্রাম } FeS}{88 \text{ গ্রাম } FeS} = \frac{x \text{ লি } H_2S \text{ (N T P তে)}}{22{\cdot}4 \text{ লি. } H_2S \text{ (N T P তে)}}$ ∴ $x = 2{\cdot}8$

∴ NTPতে উৎপন্ন H_2S এর আয়তন হল 2·8 লিটার।

(ii) $2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$

2 × 22·4 লি. 2 × 22·4 লি.

যেহেতু H_2S বায়ুতে পুড়ে NTPতে সমায়তন SO_2 উৎপন্ন করে, সুতরাং 2·8 লিটার H_2S থেকে NTP তে 2·8 লিটার SO_2 পাওয়া যায়।

মনে করি NTP তে 2·8 লি. SO_2 15° সে. উষ্ণতায় ও 740 মি. মি. চাপে V লিটার আয়তন অধিকার করে, তাহলে

$$\frac{2{\cdot}8 \times 760}{273} = \frac{V \times 740}{288} \text{ বা, } V = 3{\cdot}03$$

∴ নির্ণেয় SO_2 এর আয়তন হল 3·03 লিটার।

উদাহরণ A 4.8 : 1000 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি বেলুন 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করতে সর্বাপেক্ষা কম কি পরিমাণ লোহার প্রয়োজন ? (C. U.)

লোহা ব্যবহার করে দু' ভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায় :

(i) লোহার সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় : $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$

56 গ্রাম 22·4 লি.

(ii) লোহিত তপ্ত লোহার উপর স্টীম চালনা করে :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

3 × 56 গ্রা. 4 × 22·4 লি.

প্রথম বিক্রিয়ায় 22·4 লিটার হাইড্রোজেন (NTP তে) 56 গ্রাম লোহা থেকে পাওয়া যায় ; দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় 22·4 লি. হাইড্রোজেন (NTP তে) 56 × 3/4 গ্রা. বা 42 গ্রা. লোহা থেকে পাওয়া যায়।

সুতরাং দ্বিতীয় বিক্রিয়া ব্যবহার করলে সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ লোহা লাগবে।

27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন 1000 লিটার। মনে করি NTP তে এই আয়তন V লি.। তাহলে,

$$\frac{750 \times 1000}{300} = \frac{760 \times V}{273} \text{ বা, } V = 898$$

$$\begin{array}{lccccc} & x & & & & 898 \\ \text{এখন,} & 3Fe & + 4H_2O & = Fe_3O_4 & + & 4H_2 \\ & 3\times 56 \text{ গ্রা.} & & & & 4\times 22{\cdot}4 \text{ লি.} \end{array}$$

$$\text{সুতরাং } \frac{x \text{ গ্রাম Fe}}{3\times 56 \text{ গ্রাম Fe}} = \frac{898 \text{ লি. } H_2}{4\times 22{\cdot}4 \text{ লি. } H_2}$$

$$\text{বা, } x = \frac{898\times 3\times 56}{4\times 22{\cdot}4} \text{ বা } 1684$$

∴ নির্ণেয় সর্বাপেক্ষা কম লোহার ওজন হল 1684 গ্রাম।

(3) আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত গণনা :

গ্যাসমিতি (Eudiometry) : গ্যাসমিতি হল গ্যাসের আয়তন সম্পর্কিত গণনার বিষয়। যখন বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়, বিক্রিয়ার আগে এবং পরে গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন পরিমাপ করা যায়। এই আয়তন পরিমাপের জন্য সাধারণতঃ গ্যাসমান নলে (Eudiometer tube) গ্যাসীয় পদার্থগুলির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। গ্যাসমান নল হল অংশাঙ্কিত একমুখ বন্ধ শক্ত কাচের নল এবং এর বন্ধমুখের কাছে দুদিক থেকে দুটি প্ল্যাটিনামের তার লাগানো থাকে। তার দুটির সাহায্যে নলের ভিতর বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠানো যায়। গ্যাসমান নলে গ্যাসসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটালে বিক্রিয়ার আগে গ্যাসসমূহের আয়তন এবং বিক্রিয়ার পরে অবশিষ্ট গ্যাসসমূহের আয়তন পরিমাপ করা যায়। গ্যাসমিতির সাহায্যে গ্যাসমিশ্রণের বিশ্লেষণ এবং গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

যখন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় বিক্রিয়ক দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে তখন একটির কত আয়তন অপর একটির কত আয়তনের সাথে যুক্ত হতে পারে বা একটি বিক্রিয়াজাতের কত আয়তন কোন বিক্রিয়কের কত আয়তন থেকে উৎপন্ন হতে পারে রাসায়নিক সমীকরণের জ্ঞান থেকে সহজেই নির্ণয় করা যায়। গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র অনুসারে গ্যাসীয় পদার্থসমূহ সরল পূর্ণসংখ্যার আয়তনিক অনুপাতে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হলে তার আয়তন ও বিক্রিয়কের আয়তনের সাথে সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে থাকে।

আয়তনের এই অনুপাত বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের রাসায়নিক সমীকরণ অনুযায়ী আণবিক অনুপাতের সমান। গ্যাসমিতির গণনায় রাসায়নিক

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসসমূহ আয়তনের যে আপেক্ষিক অনুপাতে বিক্রিয়া করে গ্যাসসমূহের সেই আপেক্ষিক অনুপাতই প্রয়োজন। সুবিধার্থে 1 গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 1 আয়তন ধরা হয় এবং N T P তে এই আয়তন হল 22.4 লিটার। যেমন,

$2SO_2$	+	O_2	=	$2SO_3$
2 অণু		1 অণু		2 অণু
$2\times64{\cdot}06$ গ্রাম		32 গ্রাম		2×80.06 গ্রাম
2 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন (উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়)
$2\times22{\cdot}4$ লি.		22.4 লি.		2×22.4 লি. (NTP তে)

সুতরাং, রাসায়নিক সমীকরণ থেকে গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনের অনুপাত পাওয়া যায়।

এখন, গ্যাসসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হলে : (সব গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার একই অবস্থায় পরিমাপ করা হয়)

(i) বিক্রিয়াজাত ও বিক্রিয়কের **আপেক্ষিক আয়তন একই থাকতে পারে।** যেমন,

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$; $N_2 + O_2 = 2NO$
1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

(ii) বিক্রিয়াজাতের **আপেক্ষিক আয়তন সংকুচিত হতে পারে।** যেমন,

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন স্টীম (আয়তন সংকোচন=1 আয়তন)
0 আয়তন তরল জল (আয়তন সংকোচন=3 আয়তন)

[বি. দ্র. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে তরল জল উৎপন্ন করলে আয়তন সংকুচিত হবে। এই আয়তন সংকোচনের 1/3 এবং 2/3 অংশ যথাক্রমে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তন সূচিত করে।]

$2SO_2 + O_2 = 2\,SO_3$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

(iii) বিক্রিয়াজাতের **আপেক্ষিক আয়তন প্রসারিত হতে পারে।** যেমন,

$2NH_3 = N_2 + 3H_2$
2 আয়তন 1 আয়তন 3 আয়তন (প্রসারণ=2 আয়তন)

মনে রাখতে হবে বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ তরল বা কঠিন হলে আয়তনের ক্ষেত্রে তাদের শূণ্য (0) আয়তন বলে ধরা হয়।

উদা. A. 4.9 : 30 মিলিলিটার হাইড্রোজেন 50 মিলিলিটার অক্সিজেনের সাথে মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। কত আয়তন গ্যাস অবশিষ্ট থাকবে? সমস্ত আয়তন N T P তে মাপা হয়।

সমীকরণ : $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 আয়তন 1 আয়তন

2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে জল (তরল) উৎপন্ন করে। সুতরাং 30 মি. লি. হাইড্রোজেন 15 মি. লি. অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হবে। সুতরাং অবশিষ্ট থাকবে (50−15) বা 35 মি. লি. অক্সিজেন।

উদা. A 4.10 : নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের 10 মি. লি. একটি মিশ্রণের সাথে 20 মি.লি. হাইড্রোজেন মেশানো হল এবং মিশ্রণে বিস্ফোরন ঘটানো হল। বিস্ফোরণের পরে আয়তন হল 21 মি. লি.। মিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। গ্যাসগুলির আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়। [এলাহাবাদ]

বিস্ফোরণের আগে N_2 ও O_2 গ্যাস মিশ্রণের আয়তন=10 মি. লি.
20 মি. লি. H_2 মিশিয়ে বিস্ফোরণের পর গ্যাস মিশ্রণের আয়তন=21 মি.লি.
আয়তন সংকোচন=(10+20−21) বা 9 মি. লি.
বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 আয়তন 1 আয়তন O আয়তন (তরল জল)
∴ আয়তন সংকোচন=3 আয়তন

H_2 ও O_2 মিলে জল উৎপন্নের ফলে আয়তন সংকুচিত হয়েছে 9 মি.লি.। এই সংকোচনের $\frac{1}{3}$ অংশ হল অক্সিজেনের আয়তন (সমীকরণ দ্রষ্টব্য)। ∴ অক্সিজেনের আয়তন=$9\times\frac{1}{3}$ বা 3 মি.লি.। এই 3 মি.লি O_2 10 মি লি. গ্যাসমিশ্রণে ছিল। ∴ গ্যাস মিশ্রণে N_2 এর আয়তন=(10−3) বা 7 মি.লি.।

সুতরাং গ্যাস মিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি হল :

$O_2=\frac{3}{10}\times100$ বা 30%
এবং $N_2=\frac{7}{10}\times100$ বা 70%

উদা.A4.11 2 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড লোহিত তপ্ত কার্বনের উপর চালনা করলে 3 লিটার গ্যাস পাওয়া গেল। ইহার আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। সমস্ত আয়তনই N T P তে পরিমাপ করা হয়েছে।

CO_2 এর সাথে লোহিত তপ্ত কার্বনের বিক্রিয়ার সমীকরণ হল :

$C + CO_2 = 2CO$
1 আয়তন 2 আয়তন

সুতরাং, 1 আয়তন CO_2 থেকে 2 আয়তন CO উৎপন্ন হয়। যেহেতু 2 লিটার CO_2 থেকে 4 লিটারের পরিবর্তে 3 লিটার গ্যাস পাওয়া গেল, সুতরাং CO_2 এর একটি অংশ CO এ বিজারিত হয়েছে এবং 3 লিটার গ্যাস হল CO_2 ও CO এর মিশ্রণ।

মনে করি x লিটার CO_2 কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়েছে। তাহলে, (2 − x) লিটার CO_2 অবশিষ্ট এবং 2x লিটার CO উৎপন্ন হয়েছে।

$\therefore \; (2-x)+2x=3$ বা $x=1$

সুতরাং, 3 লিটার গ্যাস মিশ্রণে (2—1) বা 1 লিটার CO_2 এবং 2×1 বা 2 লিটার CO বর্তমান।

উদাহরণ A 4. 12 : ইথেনের সাথে অক্সিজেনের দহনের সমীকরণ হল :

$$2C_2H_6+7O_2 \;=\; 4CO_2 \;+\; 6H_2O$$

(i) 5 লিটার ইথেনের সাথে বিক্রিয়া করতে কত আয়তনের অক্সিজেন প্রয়োজন ? (ii) এই বিক্রিয়ায় কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয় ? (iii) 5 লিটার ইথেনের সাথে 7 লিটার অক্সিজেন মিশিয়ে দহন করা হল। উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে কষ্টিক পটাস দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট থাকে ? (সব গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়।)

$2C_2H_6$	+	$7O_2$	=	$4CO_2$	+	$6H_2O$
2 আয়তন		7 আয়তন		4 আয়তন		

(i) 2 আয়তন ইথেনকে জারিত করতে 7 আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।
বা, 1 আয়তন ইথেনকে জারিত করতে 3.5 আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।
$\therefore$ 5 লিটার ইথেনের জন্য $5\times3{\cdot}5$ বা $17{\cdot}5$ লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন।

(ii) 2 আয়তন ইথেন থেকে 4 আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয়।
বা, 1 আয়তন ইথেন থেকে 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয়।
$\therefore$ 5 লিটার ইথেন থেকে 2×5 বা 10 লিটার CO_2 উৎপন্ন হয়।

(iii) 7 লিটার অক্সিজেন শুধুমাত্র 2 লিটার ইথেনের সাথে বিক্রিয়া করতে পারে। সুতরাং 5 লিটার ইথেন ও 7 লিটার অক্সিজেনের দহনে 2 লিটার ইথেন 7 লিটার অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে 4 লিটার CO_2 উৎপন্ন করে। সুতরাং উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের সংযুতি হল 3 লিটার ইথেন ও 4 লিটার CO_2। কষ্টিক পটাস দ্রবণ দিয়ে এই গ্যাস মিশ্রণ ঝাঁকালে 4 লিটার CO_2 শোধিত হয়। সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাস হল 3 লিটার ইথেন।

গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় : হাইড্রোকার্বন হল কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগ। গ্যাসমান যন্ত্রে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ও অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটালে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয় (অতিরিক্ত

অক্সিজেন ব্যবহার করলে কিছু অক্সিজেনও অবশিষ্ট থাকে) এবং আয়তন সংকোচন ঘটে (প্রথম সংকোচন—অর্থাৎ, বিস্ফোরণের জন্য সংকোচন) :

$C_xH_y + (x+y/_4)O_2 = xCO_2 + y/_2H_2O$............(10) উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণে কষ্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে উৎপন্ন CO_2 শোষিত হয় এবং আবার আয়তন সংকোচন ঘটে (দ্বিতীয় সংকোচন) এবং শুধু অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকে।

এখন, (1) প্রথম সংকোচন=(বিস্ফোরণের পূর্বে গ্যাসমিশ্রণের আয়তন)
—(বিস্ফোরণে পরে গ্যাসমিশ্রণের আয়তন)
=(হাইড্রোকার্বণের আয়তন+গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন)
—(উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন+অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন)
=হাইড্রোকার্বনের আয়তন+(গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন—অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন)—উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন

∴ প্রথম সংকোচন=হাইড্রোকার্বনের আয়তন+বিক্রিয়ার ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন—উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন।......(11)

(2) দ্বিতীয় সংকোচন=উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন......(12)

∴ প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন=হাইড্রোকার্বনের আয়তন + বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

বা, বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন
=প্রথম সংকোচন+দ্বিতীয় সংকোচন — হাইড্রোকার্বনের আয়তন ......(13)

(3) বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন=হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন+হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন।

এখন যেহেতু, দ্বিতীয় সংকোচন=উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন, এবং যেহেতু CO_2 এ নিজের সমায়তন O_2 আছে ($C+O_2=CO_2$), হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সাথে যুক্ত O_2 এর আয়তন=দ্বিতীয় সংকোচন। সুতরাং, **(11)** নং সমীকরণ থেকে পাই :

হাইড্রোকার্বনের আয়তন+হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন=প্রথম সংকোচন।

বা, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন =প্রথম সংকোচন—হাইড্রোকার্বনের আয়তন=V আয়তন (ধরি)। তাহলে, হাইড্রোকার্বনে উপস্থিত হাইড্রোজেনের আয়তন এই আয়তনের দ্বিগুণ বা 2V আয়তন।

গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের একটি নির্দিষ্ট আয়তন অতিরিক্ত অক্সিজেনের সাথে মিশিয়ে গ্যাসমান যন্ত্রে বিস্ফোরণ ঘটিয়ে এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সংকোচন নির্ণয় করে উপরের তথ্যসমূহের সাহায্যে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত সহজেই বার করা যায়। নীচে তিনটি উদাহরণ দেওয়া হল :

উদা A4.13 : যখন কি আয়তনের অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া ঘটানো হয় জানা থাকে।

10 মিলিলিটার গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সাথে 25 মি. লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। গ্যাস মিশ্রণের আয়তন সংকুচিত হয়ে 15 মি. লি. হল। কষ্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করলে আয়তন আরও 10 মি লি. সংকুচিত হল এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন অবশিষ্ট রইল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর। [কলিকাতা]

মনে করি হাইড্রোকার্বনের সংকেত CxHy

CxHy	+ $(x+y/4)\ O_2$	=	$x\ CO_2$	+ $y/_2\ H_2O$
1 আয়তন	$(x+y/4)$ আয়তন		x আয়তন	
10 মি. লি.	$10\times(x+y/4)$ মি লি		10x মি. লি.	

প্রথম সংকোচন $=(10+25-15)$ বা 20 মি. লি.

দ্বিতীয় সংকোচন=10 মি. লি.=উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন

$\therefore\quad 10x=10$ বা, $x=1$

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত O_2 এর আয়তন=প্রথম সংকোচন+দ্বিতীয় সংকোচন −হাইড্রোকার্বনের আয়তন
$=(20+10-10)$ বা 20 মি. লি.

$\therefore\quad 10\times(x+y/4)=20$ বা, $10\times(1+y/4)=20$ বা, $y=4$

সুতরাং, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হল CH_4।

বিকল্প পদ্ধতি : প্রথম সংকোচন =20 মি. লি.

দ্বিতীয় সংকোচন=10 মি. লি =উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন।

অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $=(15-10)$ বা 5 মি. লি.

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $=(25-5)$ বা 20 মি. লি.

এখন, কার্বন ডাই-অক্সাইডে নিজের সমায়তন অক্সিজেন আছে
$(C+O_2=CO_2)$

$\therefore$ উৎপন্ন 10 মি. লি. কার্বন ডাই-অক্সাইডে 10 মি. লি. অক্সিজেন আছে,

অর্থাৎ 10 মি. লি. O_2 হাইড্রোকার্বনের কার্বনকে জারিত করতে ব্যবহৃত হয়েছে।

তাহলে, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন
$=(20-10)$ বা 10 মি. লি.

এখন, এই 10 মি. লি. অক্সিজেন 20 মি. লি. হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হতে পারে ($2H_2+O_2=2H_2O$) এবং এই হাইড্রোজেন 10 মি. লি. হাইড্রোকার্বনে আছে।

তাহলে, 10 মি. লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 20 মি. লি. হাইড্রোজেন আছে এবং ইহা 10 মি. লি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

বা, 1 মি. লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 2 মি. লি. হাইড্রোজেন আছে এবং ইহা 1 মি. লি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

বা, 1 অণু গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 2 অণু হাইড্রোজেন আছে এবং ইহা 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে (আভোগ্যাড্রো সূত্রানুযায়ী)।

যেহেতু, হাইড্রোজেন অণু দ্বিপারমাণবিক এবং 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 পরমাণু কার্বন আছে, সুতরাং 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 4 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু কার্বন আছে।

তাহলে, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হল CH_4

উদা 4.14 কি আয়তন অক্সিজেন যোগ করা হয়েছে অজানা।

20 মি. লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করা হল এবং 30 মি. লি. আয়তন সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। কষ্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করলে আরও 40 মি. লি. আয়তন সংকোচন হল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর। [কলিকাতা]

মনে করি হাইড্রোকার্বনের সংকেত CxHy

CxHy	+ $(x+y/4)\ O_2$	=	$x\ CO_2$	+ $y/_2\ H_2O$
1 আয়তন	$(x+y/4)$ আয়তন		x আয়তন	
20 মি. লি.	$20\ (x+y/4)$ মি. লি.		20x মি. লি.	

প্রথম সংকোচন=30 মি. লি.

দ্বিতীয় সংকোচন=40 মি. লি.=উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন

$\therefore\ 20x=40$ বা, $x=2$

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন=প্রথম সংকোচন+দ্বিতীয় সংকোচন
—হাইড্রোকার্বনের আয়তন
$=(30+40-20)$ বা 50 মি. লি.

$\therefore\ 20(x+y/4)=50$ বা $20\ (2+y/4)=50$ বা, $y=2$

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_2H_2।

উদা.4.15 ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন অজানা; প্রথম সংকোচন ও হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব জানা।

10 মি. লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করতে সক্ষম এমন পরিমাণ অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। শীতল করলে দেখা গেল 20 মি. লি. আয়তন সংকোচন হয়েছে। হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 8 হলে এর সংকেত নির্ণয় কর।

মনে করি হাইড্রোকার্বনের সংকেত CxHy

হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন

=প্রথম সংকোচন−হাইড্রোকার্বনের আয়তন=(20−10) বা 10 মি. লি.

(পৃষ্ঠা 86 দেখ)

∴ 10 মি. লি. হাইড্রোকার্বনে উপস্থিত হাইড্রোজেনের আয়তন

=2×10 বা 20 মি. লি.

বা, 1 মি. লি. CxHy তে 2 মি. লি. হাইড্রোজেন আছে।

∴ 1 অণু CxHy তে 2 অণু হাইড্রোজেন আছে (অ্যাভোগ্যাড্রো-সূত্র প্রয়োগ করে) বা, 4 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে (হাইড্রোজেন অণু দ্বিপারমাণবিক)।

∴ হাইড্রোকার্বনের সংকেত হল CxH_4

এখন, হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব=8 ∴ আণবিক ওজন=16

∴ $12x+4=16$ বা, $x=1$

সুতরাং, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হল CH_4 ।

বাষ্প ও গ্যাসের ঘনত্ব : প্রমাণ ঘনত্ব (Normal density) ও বাষ্পীয় ঘণত্ব (Vapour density)

প্রমাণ ঘনত্ব : কোন গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব হল প্রমাণ উষ্ণতা (0^0 সে.) ও চাপে (760 মি. মি.) সেই গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের গ্রামে প্রকাশিত ওজন। যদি কোন গ্যাস বা বাষ্পের আণবিক ওজন M হয়, তবে N T P তে 1 গ্রাম আণবিক ওজন গ্যাস বা বাষ্পের আয়তন হল M/D লিটার। এই আয়তনকে মোলার আয়তন (Vm) বলে। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে এই আয়তন একটি ধ্রুবক এবং এর মান হল 22.4 লিটার। অর্থাৎ,

$$\frac{M}{D}=V_m=22.4 \text{ লিটার} \qquad (\text{N T P তে})$$

$$\text{বা, } M=V_m D=22.4\times D$$

N T P তে 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন হল 0.08986 গ্রাম। প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা নির্ভুলভাবে এই মান বার করা হয়েছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব হল 0.08986 গ্রাম।

বাষ্পীয় ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব (Vapour density or Relative density) : কোন গ্যাস বা বাষ্প একই উষ্ণতা ও চাপে সমায়তন হাইড্রোজেন

গ্যাস অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই সংখ্যা হল সেই গ্যাস বা বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব। স্থতরাং, সংজ্ঞা অনুসারে,

কোন গ্যাস বা বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের কোন নির্দিষ্ট আয়তনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের সমায়তনের ওজন}}$$

[উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়]

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1 লিটারের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব}}$$

স্থতরাং, কোন গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব

=ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব × হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব

=ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0.08986 গ্রাম

বা, N T P তে কোন গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের ওজন

=ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0.08986 গ্রাম।

মনে রাখ ঃ (1) কোন গ্যাসের বা বাষ্পের গ্রাম আণবিক আয়তন (মোলার আয়তন) = 22.4 লিটার N T P তে।

(2) কোন গ্যাস বা বাষ্পের আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব ($M = 2D$)।

[পৃষ্ঠা 48 দেখ]

উদা. A4.16 N T P তে 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন কত?

N T P তে 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন

= অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0.09 গ্রা.

= 16 × 0.09 গ্রা বা 1.44 গ্রাম।

$[\because M=2D, \quad \therefore D=\frac{M}{2}=\frac{32}{2}=16]$

উদা A4.17 N T P তে 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কত?

N T P তে 44 গ্রাম CO_2 এর আয়তন হল 22.4 লিটার।

∴ N T P তে 11 গ্রাম " " " $\frac{22.4 \times 11}{44}$ বা 5.6 লিটার।

স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত (Empirical Formula and Molecular Formula)।

কোন যৌগের আণবিক সংকেত থেকে সেই যৌগের শতকরা সংযুতি সহজেই

বার করা যায়। কোন যৌগের শতকরা সংযুতি বলতে 100 তৌলিক ভাগ যৌগে উপস্থিত উপাদানগুলির তৌলিক ভাগ বোঝায়। 100 তৌলিক ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে 40 তৌলিক ভাগ Ca, 12 তৌলিক ভাগ C এবং 48 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন আছে। স্থতরাং $CaCO_3$ এর শতকরা সংযুতি হল—
Ca=40%, C=12%, O=48%।

উদা. **A4.18** পটাসিয়াম ক্লোরেটের (সংকেত $KClO_3$) শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। (K=39, Cl=35·5, O=16)

পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক ওজন $= 39+35{\cdot}5+3\times16=122{\cdot}5$

তাহলে, 122·5 তৌলিক ভাগ $KClO_3$ তে 39 তৌলিক ভাগ পটাসিয়াম, 35.5 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন এবং 48 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন আছে।

$\therefore$ 100 তৌলিক ভাগ $KClO_3$ তে $\frac{39\times100}{122.5}$ বা 31.84 তৌলিক ভাগ পটাসিয়াম, $\frac{35.5\times100}{122.5}$ বা 28.98 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন এবং $\frac{48\times100}{122.5}$ বা 39.18 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন আছে।

$\therefore$ $KClO_3$-এর শতকরা সংযুতি হল : K=31.84%, Cl=28.98% এবং O=39.18%

এখন যদি কোন যৌগের শতকরা সংযুতি (প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা শতকরা সংযুতি নির্ণয় করা যায়) জানা থাকে সেই যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় করা যায়। স্থূল সংকেত হল কোন যৌগের সরলতম সংকেত এবং এই সংকেত যৌগের মধ্যে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত প্রকাশ করে। স্থূল সংকেত থেকে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত ও প্রকাশ পায়।

যৌগের শতকরা সংযুতি (বা যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির ওজনের অনুপাত) থেকে স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম :

(1) মৌলগুলির ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণকে (বা ওজনের অনুপাতকে) মৌলগুলির নিজ নিজ পারমাণবিক ওজন দিয়ে ভাগ করে প্রথমে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত বার করা হয়।

(2) এই অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি দিয়ে অনুপাতটিকে ভাগ করে মৌলগুলির পরমাণুর লঘিষ্ঠতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাত বার করা হয়। শেষোক্ত অনুপাতের কোন রাশি যদি পূর্ণ সংখ্যার খুব কাছাকাছি হয় তবে আসন্ন পূর্ণ সংখ্যাটিকে নেওয়া হয়।

(3) এতেও যদি পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত না পাওয়া যায় তবে এই অনুপাতকে কোন উপযুক্ত ক্ষুদ্রতম রাশি দিয়ে গুণ করে পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে পরিণত করা হয়।

(4) মৌলগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখে চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে ছোট হরফে পরমাণুর আনুপাতিক পূর্ণ সংখ্যা লেখা হয়।

যদি কোন যৌগ P, Q, R এই তিনটি মৌল দিয়ে গঠিত হয় এবং যদি যৌগটির শতকরা তৌলিক সংযুতি হয়ঃ P=a%, Q=b%, R=c% (বা মৌলগুলির ওজনের অনুপাত হয় a : b : c :) তবে যৌগের স্থূল সংকেত নিম্নলিখিতভাবে বার করা যায়ঃ (P এর পারমাণবিক ওজন=p, Q এর q এবং R এর r)

মৌলের নাম	শতকরা তৌলিক ভাগ (বা তৌলিক অনুপাত)	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত [শতকরা তৌলিক ভাগ (বা তৌলিক অনুপাত) ÷ পাঃ ওজন]	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত
P	a	a/p	$\frac{a/p}{d}$	$\frac{a/p}{d} \times e = x$ (ধরি)
Q	b	b/q	$\frac{b/q}{d}$	$\frac{b/q}{d} \times e = y$ (ধরি)
R	c	c/r (ধরা যাক ক্ষুদ্রতম = d)	d/d	$\frac{d}{d} \times e = z$ (ধরি) [যদি প্রয়োজন হয় তবেই উপযুক্ত রাশি (e) দিয়ে গুণ করা হয়]

সুতরাং যৌগটির স্থূল সংকেত হল $P_x Q_y R_z$

উদা. A4·19 : একটি যৌগে 92.31% কার্বন এবং 7.69% হাইড্রোজেন আছে। যৌগটির স্থূল সংকেত বার কর।

মৌলের নাম	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত [শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পা ঃ ওজন]	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত
C	92.31	92.31/12 =7.69	7.69/7 69=1	1
H	7.69	7.69/1 =7.69	7.69/7·69=1	1

সুতরাং যৌগটির স্থূল সংকেত হল CH

উপরের **A 4.19** উদাহরণে যৌগটির সরলতম বা স্থূল সংকেত হল CH। এখন এই সংকেত যৌগটির প্রকৃত আণবিক সংকেত হতেও পারে নাও পারে। কারণ এই সংকেতে বা এই সংকেতের যে কোন গুণিতকে যথা, $(CH)_2$, $(CH)_3$, $(CH)_4$,......$(CH)_n$ ইত্যাদি সংকেতে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত একই থাকে (1 ঃ 1)—সুতরাং এই সংকেত গুলির প্রত্যেকটির শতকরা তৌলিক সংযুতিও অভিন্ন। কিন্তু প্রকৃত আণবিক সংকেতে **পরমাণু সমূহের সংখ্যা নির্দিষ্ট**—অর্থাৎ যৌগের নির্দিষ্ট আণবিক ওজন আছে। উপরের সংকেত গুলিতে যদিও কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত একই আছে, কিন্তু পরমাণু সমূহের সংখ্যা এক নাই এবং প্রতিটি সংকেত থেকে প্রাপ্ত ওজনও বিভিন্ন। সুতরাং, যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করতে হলে যৌগটির আণবিক ওজন জানতে হবে। আণবিক ওজন বিভিন্ন পদ্ধতিতে বার করা যায়। উদ্বায়ী যৌগের ক্ষেত্রে বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করে আণবিক ওজন বার করা যায় (M=2D)। এখন যদি জানা যায় যে উপরের যৌগটির বাষ্পীয় ঘণত্ব 39, তাহলে যৌগটির আণবিক ওজন হল 2×39 বা 78 ; এখন যৌগের আণবিক সংকেত হল স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক, অর্থাৎ উপরের যৌগের ক্ষেত্রে $(CH)_n$, n=1, 2, 3,······ইত্যাদি কোন পূর্ণসংখ্যা,

$\therefore$ $(CH)_n=78$ বা, $(12+1)\,n=78$ বা $13n=78$ বা $n=6$

সুতরাং যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH)_6$ বা C_6H_6।

উদা. **A 4.20 :** একটি যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হল : O=58.52, H=2.48, S=39 ; যৌগটির সংকেত নির্ণয় কর। [কলিকাতা]

মৌলের নাম	শতকরা মৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পা : ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত
H	2.48	2.48/1=2.48	2.48/1.22 =2.03	2 (আসন্ন পূর্ণ সংখ্যা)
S	39	39/32=1.22	1.22/1.22=1	1
O	58.52	58.52/16=3.67	3.67/1.22 =3.008	3 (আসন্ন পূর্ণ সংখ্যা)

∴ যৌগটির সংকেত হল H_2SO_3।

উদা. A 4.21 কার্বন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত একটি যৌগে C=40%, H=6.67% আছে। যৌগটির আণবিক ওজন 180 হলে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [কলিকাতা]

মৌলের নাম	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পা : ওজন)	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ- সংখ্যার অনুপাত
C	40	40/12=3.33	3.33/3.33=1	1
H	6.67	6.67/1=6.67	6.67/3.33 =2.003	2 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)
O	[100−(40+ 6.67)]=53.33	53.33/16 =3.33	3.33/3.33=1	1

∴ যৌগটির স্থূল সংকেত হল CH_2O

মনে করি যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH_2O)n$, যেখানে n একটি পূর্ণ সংখ্যা। এখন যৌগটির আণবিক ওজন হল 180,

∴ $(CH_2O)n=180$

বা, $(12+2+16)n=180$ বা, $30n=180$ বা $n=6$

∴ যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH_2O)_6$ অর্থাৎ $C_6H_{12}O_6$।

উদা। A 4.22 একটি যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হল : C=37.8%, H=6.3% এবং Cl=55.9%। বাষ্পীভূত করলে যৌগটির 2.59 গ্রা.

100° সে. উষ্ণতায় ও 775 মি. মি. চাপে 624 মি. লি. আয়তন অধিকার করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। যৌগটির নির্ভুল আণবিক ওজন কত হবে ?

মৌলের নাম	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পা : ওজন)	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণু সমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত
C	37.8	37.8/12 = 3.15	3.15/1.575 = 2	2
H	6.3	6 3/1 = 6.3	6.2 /1.575 = 4	4
Cl	55.9	55.9/35.5 = 1.575	1.575/1.575 = 1	1

∴ যৌগটির স্থূল সংকেত হল C_2H_4Cl

2·59 গ্রা. যৌগটির আয়তন N T P তে V মি.লি. হলে

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{624 \times 775}{373} \text{ বা, } V = \frac{624 \times 775 \times 273}{373 \times 760} \text{ বা, } V = 466 \text{ মি.লি.} = 0.466 \text{ লি.}$$

এখন, N T P তে 0.466 লি. যৌগের ওজন হল 2.59 গ্রা.

$$\therefore \quad " \quad " \; 22.4 \text{ লি.} \quad " \quad " \quad " \; \frac{2.59 \times 22.4}{0.466} \text{ গ্রা.}$$

বা, 124.5 গ্রা.

স্থতরাং যৌগটির আসন্ন আণবিক ওজন হল 124.5

এখন যৌগটির স্থূল সংকেত থেকে যে সাংকেতিক ওজন পাওয়া যায় তা হল $(2 \times 12 + 4 + 35.5)$ বা 63.5; যৌগটির প্রকৃত আণবিক ওজন হল স্থূল সাংকেতিক ওজনের সেই গুণিতক যা আসন্ন আণবিক ওজনের সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী। এখন 2×63.5 বা 127.0 হল আসন্ন আণবিক ওজন 124.5 এর সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী। স্থতরাং যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(C_2H_4Cl)_2$ বা $C_4H_8Cl_2$ এবং প্রকৃত আণবিক ওজন হল 127.0।

[পরীক্ষাগত ত্রুটির জন্য পরীক্ষালব্ধ আণবিক ওজন ও প্রকৃত আণবিক ওজনের মধ্যে সামান্য পার্থক্য থাকে।]

অনুশীলনী

1. সালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত হল H_2SO_4; এই যৌগে কি কি মৌল আছে? এই যৌগের এক অণুতে প্রতিটি মৌলের কয়টি করে পরমাণু আছে ?

2. একটি যৌগের এক অণুতে একটি পটাসিয়াম, একটি ক্লোরিন ও 3টি অক্সিজেন পরমাণু আছে। যৌগটির সংকেত কি? যৌগটির সংকেত থেকে কি কি তথ্য পাওয়া যেতে পারে?
3. জলের সংকেত হিসাবে $HO_{0.5}$ বা $H_{1.6}O_{0.8}$ লিখলে ভুল হবে কেন? জলের সংকেত হিসাবে H_4O_2 কি লেখা যায়?
4. (i) 100 অণু অ্যামোনিয়ায় কয়টি হাইড্রোজেন ও কয়টি নাইট্রোজেনের পরমাণু আছে? (ii) 100 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করতে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের কতগুলি অণুর প্রয়োজন হবে? 100 অণু অ্যামোনিয়া বিক্রিয়াজাত হিসাবে ধরে বিক্রিয়াটির রাসায়নিক সমীকরণ লেখ। এই বিক্রিয়াটির সরলতম সমীকরণ কি হবে?
5. রাসায়নিক সমীকরণ বলতে কি বোঝায়? রাসায়নিক সমীকরণ সমিত করার প্রয়োজনীয়তা কি? একটি রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কি কি তথ্য পাওয়া যায়? $N_2+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণ উদাহরণ হিসাবে নিয়ে আলোচনা কর। রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা কি?
6. নীচের রাসায়নিক সমীকরণগুলি সমিত কর:
   - (i) $H_2+Cl_2 \rightarrow HCl$ (ii) $Al+O_2 \rightarrow Al_2O_3$
   - (iii) $SO_2+O_2 \rightarrow SO_3$ (iv) $KClO_3 \rightarrow KCl+O_2$
   - (v) $CaCO_3+HCl \rightarrow CaCl_2+H_2O+CO_2$
   - (vi) $Fe_2O_3+H_2 \rightarrow Fe+H_2O$
   - (vii) $Cu+HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+NO_2+H_2O$
   - (viii) $C_2H_6+O_2 \rightarrow CO_2+H_2O$
   - (ix) $KMnO_4+H_2SO_4+H_2S \rightarrow K_2SO_4+MnSO_4+H_2O+S$
   - (x) $FeSO_4+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$
7. নীচের বিবৃতিগুলির অর্থ কি?

   (i) অক্সিজেনের যোজ্যতা 2; (ii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে সাংকেতিক ওজন কথাটির ব্যবহার বাঞ্ছনীয়; (iii) কোন যৌগের আণবিক সংকেত হল তার স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক; (iv) অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব হল 16 (v) মৌলগুলির ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণকে মৌলগুলির নিজ নিজ পাঃ ওজন দিয়ে ভাগ করলে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়।
8. (i) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য কি? (ii) কোন গ্যাসীয় পদার্থের প্রমাণ ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্বের মধ্যে সম্বন্ধ কি? (iii) যৌগমূলক কাকে বলে? (iv) কোন মৌলের কি একাধিক যোজ্যতা থাকতে পারে?

9. টীকা লেখ: (i) চিহ্ন ও সংকেত (ii) যোজ্যতা (iii) গ্যাসমিতি (iv) গ্যাসীয় পদার্থের প্রমাণ ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব (v) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত।

10. নীচের যৌগগুলির আণবিক ওজন গণনা কর: $Ca_3(PO_4)_2$; $Al_2(SO_4)_3$; $CuSO_4, 5H_2O$; $FeCl_3$; $C_6H_{12}O_6$; NH_4NO_3; $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$।

11. নীচের যৌগগুলির শতকরা তৌলিক সংযুতি নির্ণয় কর:
(a) Na_2SO_4; (b) HgO; (c) H_2O; (d) $CaCO_3$ (e) H_2SO_3 (f) $C_4H_8Cl_2$ [উত্তর: (a) Na=32.4%; S=22.50%; O=45.1% (b) Hg=92.6%; O=7.4% (c) H=11.11%; O=88.89%; (d) Ca=40%; C=12%; O=48%; (e) H=2.48%; S=39%; O=58.52% (f) C=37.8%; H=6.3%; Cl=55.9%]

12. নীচের প্রতিটি যৌগের 500 গ্রামে কি পরিমাণ কপার আছে নির্ণয় কর:
(a) $CuCl_2$; (b) $Cu(NO_3)_2$; (c) $CuSO_4, 5H_2O$; (d) $Cu_2[Fe(CN)_6]$ [উঃ (a) 235 গ্রা.; (b) 169 গ্রা.; (c) 127 গ্রা.; (d) 93 গ্রাম।]

13. 200 গ্রা. মারকিউরিক অক্সাইড থেকে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায়? [কলিকাতা] (উঃ 37.79 গ্রা.)

14. 15° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 10 লিটার CO উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর চালনা করলে কি ওজনের কপার উৎপন্ন হবে? [কেমব্রিজ] (উঃ 26.7 গ্রা.)

15. (a) 1 গ্রা. $KClO_3$; (b) 1 গ্রা. Mg; ও (c) 1 গ্রাম চক পৃথকভাবে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কি হবে এবং প্রতিটি ক্ষেত্রে ওজনের কি পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা কর। [কলিকাতা] (উঃ (a) 0.39 গ্রা. ওজন কমবে; (b) 0.66 গ্রা. ওজন বাড়বে; (c) 0.44 গ্রা. ওজন কমবে।)

16. কয়লার একটি নমুনায় 85%C, 5%H এবং 10%O আছে। এই কয়লার 1.5 গ্রাম CO_2 মুক্ত শুষ্ক বায়ুতে পোড়ানো হল এবং উৎপন্ন পদার্থগুলিকে যথাক্রমে $CaCl_2$ ও সোডালাইম পূর্ণ দুটি U-নলের ভিতর দিয়ে পরপর

চালনা করা হল। U-নল দুটির ওজনের কোন পরিবর্তন হবে কি না নির্ণয় কর। [কলিকাতা] (উঃ ওজন বৃদ্ধি 0.675 গ্রা. ও 4.675 গ্রা.)

17. 18 গ্রা. স্টীমের ক্রিয়াতে কি পরিমাণ আয়রন ইহার অক্সাইডে পরিণত হবে? [কলিকাতা] (উঃ 42 গ্রা.)

18. $KClO_3$ এর একটি বাজারী নমুনার (KCl মিশ্রিত) 1.555 গ্রা. পূর্ণ বিয়োজিত করলে ঠিক সেই পরিমাণ অক্সিজেন নির্গত হয় যা 27 সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে 152 মি. লি. অ্যাসিটিলিন গ্যাস সম্পূর্ণরূপে দহন করতে প্রয়োজন। বাজারী নমুনাতে $KClO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [কলিকাতা] (উঃ 80%)

19. N T P তে 10 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ NH_4Cl প্রয়োজন? [কলিকাতা] (উঃ 23.88 গ্রা.)

20. $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর একটি মিশ্রণের 1 গ্রাম থেকে N T P তে 240 মি. লি. CO_2 পাওয়া যায়। মিশ্রণের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। [নাগপুর] (উঃ $CaCO_3=62.5\%$; $MgCO_3=37.5\%$)

21. 27° উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 100 মি. লি. CH_4 অতিরিক্ত অক্সিজেনের সাথে বিস্ফোরিত করা হল। N T P তে কি ওজনের জল এবং কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হল নির্ণয় কর। [কলিকাতা] (উঃ 0.144 গ্রা. জল ; 89.8 মি. লি. CO_2)

22. 1 গ্রাম সালফারের পরিপূর্ণ দহনের জন্য 30° সে উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে কত আয়তন বায়ু প্রয়োজন? (বায়ুতে আয়তন অনুসারে শতকরা 20.8 ভাগ অক্সিজেন আছে এবং N T P তে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0.09 গ্রাম)। [কলিকাতা] (উঃ 3.8 লিটার)

23. একটি ঘরের বায়ুতে CO_2 এর পরিমাণ পরীক্ষা করার জন্য 100 লিটার বায়ু KOH এর উপর চালনা করাতে KOH এর ওজন 0.08 গ্রাম বৃদ্ধি পেল। ওজন হিসাবে বায়ুতে CO_2 এর পরিমাণ কত ছিল? [পাঞ্জাব] (উঃ 0.066%)

24. তোমাকে 1000 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি বেলুন দেওয়া হল। এই বেলুনকে 30° সে উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করতে তোমার কি পরিমাণ লোহা প্রয়োজন হবে? (লোহা ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হল) [বেনারস] (উঃ 2222.75 গ্রাম)

25. প্রপেনের সাথে অক্সিজেনের দহনের সমীকরণ হল : $C_3H_8+5O_2 \rightarrow 3CO_2+4H_2O$ (a) 5.4 লিটার প্রপেনের সাথে বিক্রিয়ার জন্য কত আয়তনের অক্সিজেন প্রয়োজন ? (b) এই বিক্রিয়ায় কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয় ? (c) 5.4 লিটার প্রপেনের সাথে 40 লিটার অক্সিজেন মিশিয়ে দহন করা হল ; গ্যাস দুটির কত আয়তন বিক্রিয়া করবে ? (সব গ্যাসের আয়তন একই অবস্থায় মাপা হয়) [উঃ (a) 27.0 লি. (b) 16.2 লি. (c) 27 লি. O_2, 5.4 লি. প্রপেন]

26. 70 মি. লি. CO এর সাথে 28 মি. লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণ KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকানো হল। কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট থাকবে ? [বোম্বে]
(উঃ 14 মি. লি. CO)

27. একটি গ্যাস মিশ্রণে H=46%, CH_4=40%, C_2H_4=14% আছে। 100 লিটার এই মিশ্রণকে বায়ু দ্বারা জারিত করতে কত আয়তন বায়ু প্রয়োজন ? আয়তন অনুসারে বায়ুতে শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেন আছে। [লণ্ডন] (উঃ 690.47 লিটার)

28. CO ও CH_4 এর একটি মিশ্রণের 105.5 মিলি লিটারের পরিপূর্ণ জারণের জন্য 90.4 মি. লি. অক্সিজেন প্রয়োজন। মিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। [কলিকাতা] (উঃ CO=76.2% ; CH_4=23.8%)

29. 20 মি. লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সাথে 66 মি. লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। শীতল করার পর অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণের আয়তন হল 56 মি. লি.। KOH দ্রবণ যোগ করলে আয়তন সংকুচিত হয়ে 16 মি. লি. হল এবং শুধু অক্সিজেন অবশিষ্ট রইল। গ্যাসটি কি বার কর। [রাজপুতানা] (উঃ C_2H_2)

30. 20 মি. লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করা হল এবং শীতল করা হল। 40 মি. লি. আয়তন সংকোচন হল। কষ্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করলে আরও 40 মি. লি. আয়তন সংকোচন হল। হাইড্রোকার্বনটি কি ? (উঃ C_2H_4)

31. একটি গ্যাসীয় যৌগে H=0.84%, C=10.05%, Cl=89.10% আছে। 150° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি. মি. চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব হল 3.43 গ্রা/লি.। গ্যাসটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (উঃ $CHCl_3$)

32. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে C ও H এর ওজন অনুসারে অনুপাত হল 4 : 1 ; প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন হল 1.356 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক সংকেত কি ? (উঃ C_2H_6)

33. 200° সে. উষ্ণতা ও 400 মি. মি. চাপে 86.6 লিটার H_2S গ্যাসের ওজন কত ?

34. বেনজিন (C_6H_6) এর স্ফুটনাঙ্ক 80° সে.। 100° সে. উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 3.90 গ্রাম বেনজিন বাষ্পের আয়তন কত হবে ?

35. ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেনের একটি যোগে Mg = 28.57%, C = 14.28% আছে। যৌগটির সংকেত বার কর। (উঃ $MgCO_3$)

পঞ্চম অধ্যায়

তুল্যাঙ্কভার : আমরা জানি যখন দুটি মৌল পরস্পরের রাসায়নিক সংযোগে একটি নির্দিষ্ট যৌগ গঠন করে, তখন মৌল দুটি ওজনের সুনির্দিষ্ট অনুপাতে মিলিত হয় (স্থিরানুপাত সূত্র)। এর থেকে এই ধারণার সৃষ্টি হয় যে নির্দিষ্ট ওজনের কোন মৌলের সাথে অপর একটি মৌল রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়—নির্দিষ্ট আনুপাতিক ওজনে—খেয়ালখুশিমত যে কোন একটি ওজনে নয়। আবার, যখন দুটির বেশী মৌল পৃথক পৃথকভাবে পরস্পরের সংযোগে যৌগ গঠন করে, তখনও তাদের সংযোগী ওজনগুলির মধ্যে নির্দিষ্ট একটি সম্পর্ক থাকে (বিথোনুপাত সূত্র দ্রষ্টব্য)। এর থেকেও ঐ একইসিদ্ধান্তে উপনীত হতে হয়—অর্থাৎ, **নির্দিষ্ট ওজনের কোন মৌল নির্দিষ্ট ওজনের অপর মৌলের সাথে যুক্ত হয়।** বিভিন্ন যৌগের ওজনগত-বিশ্লেষণ থেকেও এর প্রমাণ মেলে। যেমন :

8 **ভাগ ওজনের অক্সিজেনের** সাথে যুক্ত হয়—

(ক) 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন (যৌগ – জল)

(খ) 35.457 ভাগ ওজনের ক্লোরিন (যৌগ – ক্লোরিন মনোক্সাইড Cl_2O)

(গ) 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম (যৌগ সোডিয়াম অক্সাইড Na_2O)

(ঘ) 3 ভাগ ওজনের কার্বন (যৌগ কার্বনডাইঅক্সাইড CO_2)

আবার, হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি যখন পরস্পরের সাথে যুক্ত হয় তখন তারা উপরোক্ত ওজনগুলির অনুপাতে অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক ওজনের অনুপাতে পরস্পরের সাথে মিলিত হয়।

অর্থাৎ, প্রত্যেক মৌলের ক্ষেত্রেই একটি আনুপাতিক ওজন নির্দিষ্ট করা যায়, যে ওজনে অপর কোন মৌলের সাথে এটি রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়—এই আনুপাতিক ওজনই মৌলের তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার। উপরের তালিকায় 1.008, 35.457, 23,3 যথাক্রমে হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, সোডিয়াম ও কার্বনের তুল্যাঙ্কভার। পারমাণবিক ওজনের ন্যায় তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়েও একটি প্রামাণ্যবস্তু প্রয়োজন।

হাইড্রোজেনের যোজনভার সবচাইতে কম বলে আগে এটিই প্রামাণ্যবস্তু হিসাবে ব্যবহৃত হত। পরবর্তীকালে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে প্রামাণ্য হিসাবে ধরা হয় এবং আধুনিককালে 12 ভরসংখ্যার কার্বনের 3 ভাগ ওজন তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের প্রামাণ্য হিসাবে গৃহীত। তবে, সাধারণভাবে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে প্রামাণ্য ধরেই এখানে তুল্যাঙ্কভার প্রসঙ্গ আলোচিত হল।

মৌলের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা: কোন মৌলের যত ভাগ ওজন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 35.457 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হতে পারে বা ঐ ঐ পরিমাণ অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনকে তাদের যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে ততভাগ ওজনের সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার, যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে।

পারমাণবিক ওজনের ন্যায় তুল্যাঙ্কভারও একটি অনুপাতমূলক সংখ্যা মাত্র, এর কোন একক নাই।

উদাহরণ: (ক) 12 ভাগ ওজনের কার্বন 4×1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হতে পারে (যৌগ মিথেন, CH_4)

∴ এক্ষেত্রে C এর তুল্যাঙ্কভার $\frac{12}{4}$ বা 3.

(খ) 23 ভাগ ওজনের Na, 35.457 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সাথে মিলিত হয় NaCl যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে। ∴ Na এর তুল্যাঙ্কভার 23.

(গ) 24.32 ভাগ ওজনের Mg যুক্ত হতে পারে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে MgO যৌগ গঠনকালে। বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হতে পারে, $\frac{24.32}{2}$ বা 12.16 ভাগ ওজনের Mg. কাজেই Mg এর তুল্যাঙ্কভার 12.16.

(ঘ) 65.38 ভাগ ওজনের Zn লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 দ্রবণ থেকে 2×1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন **প্রতিস্থাপিত** করে। ∴ Zn এর তুল্যাঙ্কভার $\frac{65.38}{2}$ বা 32.69.

তুল্যাঙ্কভার কেবলমাত্র মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য নয়, আয়ন, মূলক (radical) বা যৌগের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। তবে একটি কথা বিশেষভাবে মনে রাখা প্রয়োজন—কোন বস্তুর তুল্যাঙ্কভার নির্ভর করে নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ধরনের উপর। ভিন্নতর বিক্রিয়ায় একই বস্তুর ভিন্নতর তুল্যাঙ্কভার হতে পারে। তাছাড়া, মৌলের ক্ষেত্রে এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণীত হয় অন্য কোন প্রামাণ্য মৌলের সাথে এটির যৌগের ওজনগত বিশ্লেষণ থেকে। আলোচ্য মৌলদুটি যদি একাধিক যৌগ গঠন করে, তবে প্রামাণ্য মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সাথে যুক্ত অপর মৌলটির ওজনগুলি বিভিন্ন হবে। অর্থাৎ, এর তুল্যাঙ্কভার একাধিক হবে। যেমন, নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে একাধিক অক্সাইড গঠন করে। **নাইট্রাস অক্সাইডে** (N_2O) 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন। ∴ নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার $\frac{28}{2}$ বা 14। **নাইট্রিক অক্সাইডে** (NO) 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন যুক্ত আছে। ∴ এক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার $\frac{14}{2}$ বা 7। নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে (NO_2) 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত নাইট্রোজেনের ওজন 14 ভাগ। ∴ নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার $\frac{14}{4}$ বা 3.5 ইত্যাদি।

অনুরূপভাবে ফেরাস অক্সাইডে (FeO) আয়রনের তুল্যাঙ্কভার 28

কিন্তু ফেরিক অক্সাইডে (Fe_2O_3) ... ... ∴ 18.6

অর্থাৎ, একই মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকতে পারে।

উপরের উদাহরণগুলো বিশ্লেষণ করলে দেখা যাবে কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতার মধ্যেও একটি পারস্পরিক সম্পর্ক বর্তমান। এই সম্পর্ক নির্ণয় করা যেতে পারে এইভাবে—

মনে করি, কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন a, তুল্যাঙ্কভার e এবং যোজ্যতা v। মৌলটির যোজ্যতা যেহেতু v, সুতরাং মৌলের প্রতীক চিহ্ন X হলে, এর অক্সাইডের সংকেত হবে X_2O . (কারণ অক্সিজেনের যোজ্যতা 2)।

অর্থাৎ, v সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর সাথে মৌলের 2টি পরমাণু যুক্ত হয়।

এখন, পরমাণু-সংখ্যার পরিবর্তে পরমাণুদের তুলনামূলক ওজন পারমাণবিক ওজনের হিসাবে লেখা যায় :

$v \times 16$ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় $2 \times a$ ভাগ ওজনের মৌল (কারণ, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 এবং O=16, এই আপেক্ষিকে মৌলের পারমাণবিক ওজন a)।

বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় $\frac{2 \times a \times 8}{v \times 16}$ বা $\frac{a}{v}$ ভাগ ওজনের মৌল। কিন্তু 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যতভাগ ওজনের মৌল যুক্ত হয়, সেই ওজনপ্রকাশক সংখ্যাটিই সংজ্ঞা অনুসারে মৌলের তুল্যাঙ্কভার। $\therefore \ \frac{a}{v} = e$ বা $a = e.v$ অর্থাৎ, **মৌলের পারমাণবিক ওজন = মৌলের তুল্যাঙ্কভার × মৌলের যোজ্যতা।** এটিই মৌলের তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজনের মধ্যে সম্পর্ক। এই সম্পর্ক থেকে একটি বিষয় পরিষ্কার—মৌলের পারমাণবিক ওজন যেহেতু একটি নিত্যসংখ্যা (এখানে উল্লেখ্য যে একই মৌলের একাধিক পারমাণবিক-ওজন বিশিষ্ট পরমাণু থাকতে পারে, কিন্তু রসায়ন বিজ্ঞানীর দৃষ্টিতে মৌলের পাঃ ওজন বলতে বিভিন্ন আইসোটোপের গড় পারমাণবিক-ওজনই বোঝায়, সুতরাং মৌলের পাঃ ওজন নিত্য, তাছাড়া নির্দিষ্ট আইসোটোপের ক্ষেত্রে তার পাঃ ওজন একটিই), সুতরাং **কোন মৌলের একাধিক যোজ্যতা থাকলে মৌলটির তুল্যাঙ্কভারও একাধিক হবে। কিন্তু মৌলের যদি একটি মাত্র যোজ্যতা থাকে, তবে তুল্যাঙ্কভার একটিমাত্রই হবে।** মৌলের যোজ্যতা যদি 1 হয়, তবে এর পারমাণবিক-ওজন এবং তুল্যাঙ্কভার একই হবে। কপার সালফেট এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড যৌগে কপারের যোজ্যতা যথাক্রমে 2 এবং 1, সুতরাং ঐ দুটি যৌগে কপারের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে $\frac{63.54}{2}$ বা 31.77 এবং $\frac{63.54}{1}$ বা 63.54 (63.54 কপারের পাঃ ওজন)। দ্বিতীয় যৌগটিতে কপারের যোজ্যতা 1, সুতরাং এর তুল্যাঙ্কভার এবং পাঃ ওজন একই, অর্থাৎ 63.54.

গ্রাম তুল্যাঙ্ক : আগেই বলা হয়েছে তুল্যাঙ্কভারের কোন একক নাই—এটি একটি সংখ্যামাত্র। **তুল্যাঙ্কভারকে যদি গ্রামে প্রকাশ করা যায়, তবে তাকে বলে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।** সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 23, সুতরাং এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 23 গ্রাম। 1 **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হাইড্রোজেন** বলতে বোঝায় 1.008 গ্রাম হাইড্রোজেন। 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সমতুল্যাঙ্ক অন্য মৌল বলতে মৌলটির তুল্যাঙ্কভার পরিমাণকে বোঝায়। যেমন : 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ সোডিয়াম বলতে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম বোঝাবে।

মূলকের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent wt. of a radical)

যতভাগ ওজনের মূলক 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ অন্য কোন সক্রিয় মৌলের (যেমন 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 35.5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন) সাথে যুক্ত হয়—তত ভাগ ওজনের সংখ্যাটিই মূলকটির তুল্যাঙ্কভার। যেমন :

H_2SO_4 এ 2.016 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত আছে 96 ভাগ ওজনের SO_4 মূলক।

বা 1.008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত থাকে $\frac{96}{2}$ বা 48 ভাগ ওজনের SO_4 মূলক।

∴ সালফেট মূলকের তুল্যাঙ্কভার 48. (প্রশ্ন—NH_4 মূলকের তুল্যাঙ্ক কত ?)

যৌগের তুল্যাঙ্কভার : যৌগ বিভিন্ন ধরণের হতে পারে। যেমন—অম্ল, ক্ষারক, জারক বা বিজারক ইত্যাদি। বিভিন্ন ধরনের যৌগের ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা হবে বিভিন্ন। তাছাড়া আগেই বলা হয়েছে যে একই যৌগ বিভিন্নভাবে বিক্রিয়া করতে পারে (যেমন—অক্সালিক অ্যাসিড ক্রিয়া করতে পারে অ্যাসিড হিসাবে, আবার বিজারক হিসাবেও), সেক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ধরণের পরিপ্রেক্ষিতে যৌগটির তুল্যাঙ্কভার স্থির করতে হবে। তবে মোটামুটিভাবে যৌগের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যেতে পারে :

কোন যৌগের যতভাগ ওজনে এক তুল্যাঙ্ক সক্রিয় মৌল, মূলক বা আয়ন (যৌগের আলোচ্য বিক্রিয়ায় যে উপাদান মৌল, মূলক বা আয়নের ভূমিকা প্রধান) **বর্তমান, ততভাগ ওজনের সংখ্যাই যৌগের তুল্যাঙ্কভার।** যৌগ যদি অম্ল হয়, তবে সক্রিয় মৌলটি প্রতিস্থাপনীয় (বা আয়নে বিয়োজনীয়) হাইড্রোজেন পরমাণু, ক্ষারকের ক্ষেত্রে সক্রিয় মৌল বা মূলক আয়নে বিয়োজনীয় –OH মূলক (বা অক্সিজেন) এবং লবণের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ সক্রিয় উপাদান ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন। এইভাবে যে সংজ্ঞা দেওয়া হল, জারন বা বিজারন ক্রিয়ার ক্ষেত্রে তা প্রযোজ্য নয়। কাজেই বিভিন্ন ধরণের যৌগের তুল্যাঙ্কভার-সম্পর্কে পৃথক আলোচনা প্রয়োজন। (লবণ, অম্ল এবং ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কে ষষ্ঠ অধ্যায় এবং জারক-বিজারকের তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কে সপ্তম অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

সাধারণভাবে, যৌগের তুল্যাঙ্ক এর উপাদান মৌল বা মূলকগুলির পৃথক পৃথক তুল্যাঙ্কভারের সমষ্টি। যেমন—সিলভার ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার = Ag এর তুল্যাঙ্কভার (108) + Cl এর তুল্যাঙ্কভার (35.5) = 143.5 ; $(NH_4)_2SO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার = NH_4 মূলকের তুল্যাঙ্কভার 18 + SO_4 এর তুল্যাঙ্কভার 32 = 50।

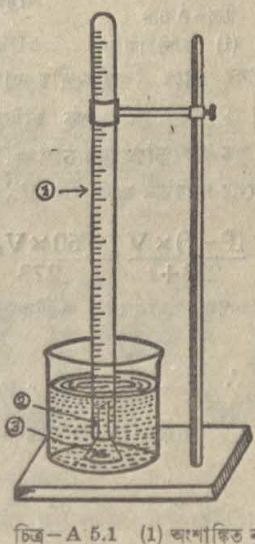
একটি বিষয় সবসময় মনে রাখতে হবে : **বিভিন্ন মৌল বা যৌগ রাসায়নিকভাবে মিলিত হয় বা বিক্রিয়া করে তুল্যাঙ্কের অনুপাতে এবং উৎপন্ন পদার্থও তুল্যাঙ্কের অনুপাতে হয়।**

তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি : মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বহু পদ্ধতি আছে। এর মধ্যে কয়েকটি পদ্ধতি এখানে আলোচিত হল :

(1) **হাইড্রোজেন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি : অনেক ধাতব মৌলই** ক্ষার বা লঘু অজারক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। জানা ওজনের **বিশুদ্ধ** ধাতুর সাথে ক্ষার বা লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। অ্যাসিডের (বা ক্ষারের) এমন পরিমাণ ব্যবহার করা হয় যাতে ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে যায়। বিক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়—তার আয়তন মাপা হয় পরীক্ষাগারের চাপ ও উষ্ণতায়। ঐ আয়তন প্রমান চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় পরিবর্তিত করে, ঐ আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন গণনা করে বার করা হয় (জানা আছে প্রমান চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0.089 গ্রাম)। এবারে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণীত হয় এই সূত্রের সাহায্যে :

$$\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}} \times 1.008.$$

এই পদ্ধতিতে **জিঙ্কের** তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণীত হয় নীচে তার বর্ণনা দেওয়া হল : একটি পরিষ্কার এবং শুষ্ক ওয়াচ গ্ল্যাসে 0.1 গ্রামের সামান্য কম **বিশুদ্ধ** ধাতব জিঙ্ক সঠিকভাবে ওজন করে নেওয়া হল। একটি বীকারে জিঙ্কসহ ওয়াচগ্লাসটি রেখে তার উপর ছোট নলযুক্ত একটা ফানেল উপুড় করে বসানো হল, এমনভাবে যাতে জিঙ্ক-সহ ওয়াচগ্লাসটি ফানেল-দ্বারা ঢাকা থাকে। এবারে বীকারে জল ঢালা হল এমনভাবে যাতে ফানেলের নলটি জলে ডুবে থাকে। একমুখ বন্ধ একটি অংশাঙ্কিত দীর্ঘনল (ইডিওমিটার টিউব) জলে ভর্তি করে ফানেলের নলের উপরে বসিয়ে দেওয়া হল (চিত্র—A 5.1)। বীকারের জলে মধ্যম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হল। বিশুদ্ধ জিঙ্কের সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়া সহজে হতে চায় না, সেইজন্য বীকারের জলে কয়েকফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়—সঙ্গে সঙ্গে জিঙ্কের সাথে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় দ্রুত হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় (বিক্রিয়া : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$)



চিত্র—A 5.1 (1) অংশাঙ্কিত নল (2) ফানেল (3) জিঙ্ক

এবং ঐ গ্যাস অংশাঙ্কিত নলের মধ্যে জল অপসারণ দ্বারা সঞ্চিত হয়। সমস্ত জিঙ্ক

দ্রবীভূত হলে, অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি সাবধানে বুড়ো আঙুলের অগ্রভাগদ্বারা চেপে ধরে বার করে আনা হয়। ঐ অবস্থায় একটি জলভরা জারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস সহ নলটি রেখে নলটিকে ধারকের সাহায্যে বা ভাঁজকরা কাগজের সাহায্যে ধরে [হাত দিয়ে নলটি ধরলে হাতের গরমে হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন বেড়ে যাবে] এটিকে উঠিয়ে বা নামিয়ে এর মধ্যেকার জল এবং বাইরের জল এক সমতলে আনা হয় (চিত্র A 5.2)। এই অবস্থায় অংশাঙ্কিত নল থেকে হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন লক্ষ্য করা হয়। জলে থার্মোমিটার ডুবিয়ে তাপমাত্রা দেখা হয় এবং পরীক্ষাগারে রাখা ব্যারোমিটার দেখে বায়ুর চাপ জানা হয়। পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ কত হবে এ সম্পর্কিত তালিকা থেকে দেখে নেওয়া হয়। সবশেষে গণনা করা হয় এইভাবে :



চিত্র – A 5.2
(1) জলভরাজার

ধরা যাক্ : জিঙ্কের ওজন $= \omega$ গ্রাম, সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন $= V$ ঘন সেন্টি. জলের উষ্ণতা $= t^\circ$ সে., বায়ুর চাপ $= P$ মিলিমিটার, t° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মি.মি.। জলের উপর সংগৃহীত হওয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে কিছু জলীয় বাষ্প যুক্ত থাকে। ∴ ব্যারোমিটার থেকে মাপা বায়ুর চাপ P মি. মি. = শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ f মি. মি.। ∴ শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $= (P-f)$ মি.মি. প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ঐ হাইড্রোজেনের গ্যাসের আয়তন মনে করি V_0 ঘন সেমি. তাহলে মিলিত গ্যাস-সূত্র অনুযায়ী

$$\frac{(P-f)\times V}{273+t} = \frac{760\times V_0}{273} \text{ বা } V_0 = \frac{273\times(P-f)\times V}{(273+t)\times 760} \text{ ঘ. সে.মি.}$$

এখন, প্রমান চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P. তে) 1 ঘ. সেমি. হাইড্রোজেনের ওজন
= 0.000089 গ্রাম।

∴ „ „ „ V_0 ঘ. সে. „ „ $= V_0 \times 0.000089$ গ্রাম।

$$\text{জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}} \times 1.008$$

$$= \frac{\omega}{V_0 \times 0.000089} \times 1.008$$

$$= \frac{\omega \times (273+t) \times 760 \times 1.008}{273 \times (P-f) \times V \times 0.000089}$$

বাস্তবক্ষেত্রে, পরীক্ষাদ্বারা নির্ণীত Zn এর তুল্যাঙ্ক = 32.69।

দ্রষ্টব্য : (i) এই পদ্ধতিতে আয়রণ, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, টিন এবং অ্যালুমিনিয়ামেরও তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়, তবে Al এর ক্ষেত্রে গাঢ় HCl বা উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করতে হবে, টিনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করতে হবে উত্তপ্ত গাঢ় HCl, Ca-এর ক্ষেত্রে H_2SO_4 ব্যবহার করা ঠিক নয়।

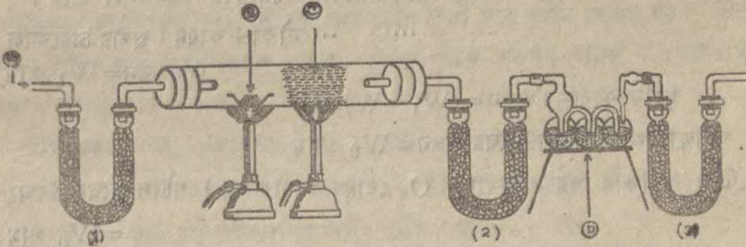
(ii) জিঙ্ক ছাড়া অন্য কোন ধাতুর ক্ষেত্রেই কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করবার প্রয়োজন নাই। (iii) সবক্ষেত্রেই ধাতুর পরিমাণ খুব কম নিতে হবে, কারণ বেশী ধাতু নিলে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করবে তা অংশাঙ্কিত নলে ধরবে না। (Mg-এর ক্ষেত্রে এই পরিমাণ 0·05 গ্রামের কম হওয়া উচিত) (iv) অধাতব মৌলের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিটি প্রযোজ্য নয়।

(2) **অক্সাইড গঠন পদ্ধতি :**

(ক) **অক্সিজেনের সাথে প্রত্যক্ষ সংযোগ :** কয়েকটি মৌল (ধাতব বা অধাতব) অক্সিজেনের সাথে সরাসরি যুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করে। জানা ওজনের মৌল অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করে মৌলকে অক্সাইডে পরিবর্তিত করে, অক্সাইডের ওজন নির্ণয় করা হয়। 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যতভাগ ওজনের মৌল যুক্ত হয়, সেই ওজন প্রকাশক সংখ্যাই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার,

অর্থাৎ, $\text{মৌলের তুল্যাঙ্কভার} = \dfrac{\text{মৌলের ওজন} \times 8}{\text{যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}$.

উদাহরণ: কার্বনের তুল্যাঙ্কভার: একটি খালি পোর্সেলিন নৌকা ভালোভাবে পরিষ্কার করে শুকিয়ে এর স্থির ওজন নেওয়া হল। ঐ নৌকায় সামান্য বিশুদ্ধ সুগার চারকোল বা চিনির অঙ্গার নিয়ে আবার ওজন নেওয়া হল। এবারে



চিত্র—A 5.3 কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়

A—বিশুদ্ধ O_2 গ্যাস, B—সুগার চারকোল পোর্সেলিন নৌকায়, C—CuO, D—পটাস বাল্ব

দুই মুখ খোলা একটি মোটা দহন-নলে নৌকাটি রাখা হল, সামান্য ব্যবধান রেখে বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা দহণনলটির ডানদিকের কিছুটা অংশ ভর্তি

করা হল (চিত্র A 5.3)। দহন-নলটির খোলা মুখ দুটি সরু নলযুক্ত দুটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করে দেওয়া হল। ডানদিকের নলের সাথে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ একটি U-নল (2) যুক্ত করা হয় এবং ঐ U-নলের থাকে যুক্ত থাকে ঘন কষ্টিক পটাস দ্রবণ ভর্তি পটাস বাল্ব (D)। পটাশ বাল্বের সাথে আবার সোডালাইম ভরা একটি U-নল (3) যোগ করা হয় যাতে বাইরের বায়ু থেকে জলীয় বাষ্প বা CO_2 পটাস বাল্বে না যেতে পারে। দহন-নলের বাঁদিকের নলের সাথে যুক্ত থাকে সোডালাইম ভরা একটি U-নল, এই U-নলটি অক্সিজেন গ্যাস উৎপাদক যন্ত্রের সাথে যুক্ত থাকে। এইভাবে যন্ত্রপাতি সাজিয়ে দহন-নলের বাঁদিকের প্রবেশ নল দিয়ে শুষ্ক ও CO_2 মুক্ত অক্সিজেন গ্যাস চালনা করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে দহন-নলটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। সুগার চারকোল অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে, যদি কিছু কার্বন-মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়, তবে তা নলের ডানদিকে রক্ষিত উত্তপ্ত CuO দ্বারা জারিত হয়ে কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। এই কার্বন ডাই অক্সাইড দহন-নল থেকে বেরিয়ে গলিত $CaCl_2$ ভরা U-নলের মধ্য দিয়ে যাবার কালে জলীয় বাষ্প মুক্ত হয় এবং পটাস বাল্বে রক্ষিত ঘন কষ্টিক পটাস দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে শোষিত হয়, কষ্টিক পটাস দ্রবণসহ পটাস বাল্বটি পরীক্ষার পূর্বে ওজন করা থাকে। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রপাতি ঠাণ্ডা করা হয় এবং পটাস বাল্বের ওজন নেওয়া হয়।

বিক্রিয়া : $C+O_2=CO_2$ (পর্যাপ্ত অক্সিজেনে); $2C+O_2=2CO$ (অপর্যাপ্ত অক্সিজেনে), $CuO+CO=Cu+CO_2$। CO_2 শোষণ-ক্রিয়া : $2KOH+CO_2=K_2CO_3+H_2O$.

গণনা : মনে করি, পরীক্ষার আগে পোর্সেলিন-নৌকার ওজন $=W$ গ্রাম।

… … …নৌকা+কার্বন (সুগার-চারকোল) এর ওজন $=W_1$ গ্রাম।

∴ গৃহীত কার্বনের ওজন $=(W_1-W)$ গ্রাম।

পরীক্ষার আগে পটাস-বাল্বের ওজন $=W_2$ গ্র্যাম

এবং পরীক্ষার পর (অর্থাৎ, CO_2 শোষণ করবার পর) পটাস বাল্বের ওজন $=W_3$ গ্রাম।

∴ উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন $=(W_3-W_2)$ গ্রাম।

(W_3-W_2) গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় (W_1-W) গ্রাম কার্বন থেকে।

∴ কার্বনের সাথে সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=[(W_3-W_2)-(W_1-W)]$ গ্রাম

∴ C এর তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{কার্বনের ওজন}}{\text{সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন}} \times 8 = \frac{(W_1 - W) \times 8}{[(W_3 - W_2) - (W_1 - W)]}$$

এই ভাবে পরীক্ষায় প্রাপ্ত কার্বনের তুল্যাঙ্কভার = 3.

প্রত্যক্ষ অক্সাইড গঠন পদ্ধতিতে সালফার এবং ফসফরাসেরও তুল্যাঙ্ক নির্ণীত হতে পারে। এই পদ্ধতিতে Mg এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণীত হতে পারে না, কারণ Mg বায়ুতে পোড়ালে সামান্য নাইট্রাইড যৌগও উৎপন্ন হয়।

(খ) **পরোক্ষ অক্সাইড গঠন পদ্ধতি :** অনেক ক্ষেত্রে মৌল সরাসরি অক্সিজেনের সাথে সংযুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করতে পারে না বা বিক্রিয়া সম্পূর্ণ না হয়ে আংশিক হতে পারে, অর্থাৎ বিক্রিয়া পরিমাণগত (Quantitative) নাও হতে পারে। এসব ক্ষেত্রে, পরোক্ষ পদ্ধতির সাহায্যে অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

উদাহরণ : কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : ঢাকনাসহ একটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সেলিন মুচি বারবার উত্তপ্ত করে, ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হতে থাকল যতক্ষণ না ওজন নিতা হয়। সামান্য পরিমাণ বিশুদ্ধ কপারের কুচি ঐ মুচিতে নিয়ে আবার ওজন নেওয়া হল। মুচিতে মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করে কপার-কুচি দ্রবীভূত করা হল, উৎপন্ন কপার-নাইট্রেট দ্রবণসহ মুচিটি ওয়াটার বাথে বসিয়ে, মুচির ঢাকনাটি সামান্য ফাঁক করে দিয়ে উত্তপ্ত করে দ্রবণ শুকিয়ে ফেলা হল। এরপর, কপার নাইট্রেটসহ মুচিটি অগ্নিসহ মৃত্তিকানির্মিত ত্রিভুজের ন্যায় ধারকের (clay-pipe triangle) উপর বসিয়ে বুনসেন বার্নারের অদীপ্ত শিখায় তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। ফলে নীল কপার নাইট্রেট পরিবর্তিত হয় কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে। কিউপ্রিক অক্সাইডসহ মুচি শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া চলতে থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না শেষের দুটি ওজন এক হয়।

বিক্রিয়া : $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$2Cu(NO_3)_2$ (কপার নাইট্রেট) $= 2CuO$ (কিউপ্রিক অক্সাইড) $+ 4NO_2 + O_2$.

গণনা : মনে করি ঢাকনা-সহ খালি মুচির ওজন $= \omega_1$ গ্রাম,

মুচি + কপার এর ওজন $= \omega_2$ গ্রাম,

এবং মুচি + কিউপ্রিক অক্সাইড এর ওজন $= \omega_3$ গ্রাম।

∴ কপারের ওজন $= (\omega_2 - \omega_1)$ গ্রাম এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন

$= (\omega_3 - \omega_1)$ গ্রাম।

∴ কপারের সাথে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=[(\omega_3-\omega_1)-(\omega_2-\omega_1)]$ গ্রাম
$=(\omega_3-\omega_2)$ গ্রাম।

∴ কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}\times 8=\frac{\omega_2-\omega_1}{\omega_3-\omega_2}\times 8.$

পরীক্ষায় প্রাপ্ত কপারের তুল্যাঙ্কভার=31.77 (কিউপ্রাস যৌগে তামার তুল্যাঙ্ক অবশ্য 63.54)।

এই পদ্ধতিতে জিঙ্ক, টিন, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভারও নির্ণীত হতে পারে।

(3) **অক্সাইডের বিজারণ-পদ্ধতি :** জানা ওজনের বিশুদ্ধ অক্সাইড হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে (অথবা অন্য কোন উপযুক্ত বিজারক দ্রব্য সহযোগে) উত্তপ্ত করে মৌলে পরিণত করা হয় এবং মৌলের ওজন বার করা হয়। তাহলে অক্সাইড যৌগে কতভাগ ওজনের মৌল কতভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত ছিল, জানতে পারা যায়। 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত মৌলের ওজন-সংখ্যাই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার। এসবক্ষেত্রে বিশুদ্ধ অক্সাইড সরাসরি না পাওয়া গেলে মৌলের অন্য কোনো যৌগ (যেমন নাইট্রেট, কার্বনেট, হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি) থেকে প্রথমে অক্সাইড প্রস্তুত করে নেওয়া হয়। এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড এবং কিউপ্রাস অক্সাইড হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারিত করে ধাতব কপারে পরিবর্তিত করে কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণীত হতে পারে।

$$[\ CuO+H_2=Cu+H_2O,\ Cu_2O+H_2=2Cu+H_2O\ ]$$

(4) **হ্যালাইড যৌগ গঠন ও বিশ্লেষণ পদ্ধতি :**

(ক) **হ্যালাইড গঠন : সিলভারের তুল্যাঙ্কনির্ণয় :** সামান্য বিশুদ্ধ সিলভার ওজন করে একটি বীকারে নেওয়া হল এবং মাধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ঐ সিলভার দ্রবীভূত করা হল : $Ag+2HNO_3=AgNO_3+NO_2+H_2O$. দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু HCl যোগ করে সমস্ত সিলভার আয়ন সিলভার ক্লোরাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হল : $AgNO_3+HCl=AgCl\downarrow+HNO_3$. অধঃক্ষেপ ছেঁকে, পরিষ্কার করে এবং শুকিয়ে ওজন নেওয়া হল।

গণনা করা হয় এইভাবে :

মনে করি Ag এর ওজন $=\omega_1$ গ্রাম এবং উৎপন্ন AgCl এর ওজন $=\omega_2$ গ্রাম।

∴ ω_1 গ্রাম Ag এর সাথে যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $=(\omega_2-\omega_1)$ গ্রাম।

$(\omega_2-\omega_1)$ গ্রাম ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয় ω_1 গ্রাম Ag.

∴ 35.5 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{\omega_1 \times 35.5}{\omega_2-\omega_1}$ গ্রাম Ag.

∴ Ag এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\omega_1 \times 35.5}{\omega_2-\omega_1}$.

প্রকৃত পরীক্ষায় প্রাপ্ত Ag এর তুল্যাঙ্কভার = 107.88.

(খ) **হ্যালাইড বিশ্লেষণ :** কোন মৌলের বিশুদ্ধ ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) যৌগ ওজন করে নিয়ে পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়, দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হয়, ফলে সিলভার ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$MX + AgNO_3 = AgX\downarrow + MNO_3$. ($X = Cl$ বা Br).

সিলভার ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) অধঃক্ষেপ ছেঁকে পরিষ্কার করে শুকিয়ে ওজন নেওয়া হয়। গণনা করা হয় এইভাবে :

$$\frac{\text{মৌলের ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) এর ওজন } (\omega_1)}{\text{সিলভার ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) এর ওজন } (\omega_2)} = \frac{\text{ক্লোরাইড (বা ব্রোমাইড) এর তুল্যাঙ্কভার } (E_1)}{\text{সিলভার হ্যালাইড এর তুল্যাঙ্কভার } (E_2)}$$

এখন, সিলভার ক্লোরাইড এর তুল্যাঙ্কভার = Ag এর তুল্যাঙ্কভার (107.88) + Cl এর তুল্যাঙ্কভার (35.5) = 143.38.

∴ মৌলের ক্লোরাইড যৌগের ক্ষেত্রে ক্লোরাইড এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\omega_1}{\omega_2}\times 143.38$

বা, মৌলের তুল্যাঙ্কভার + ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার (35.5) $=\frac{\omega_1}{\omega_2}\times 143.38$.

∴ মৌলের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\omega_1}{\omega_2}\times 143.38-35.5$.

সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি সক্রিয় ধাতু বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া মুশকিল, উপরের পদ্ধতিতে এদের ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড যৌগ নিয়ে এদের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। তাছাড়া, এই পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, আয়রন, লেড, আর্সেনিক ইত্যাদির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। অধাতব মৌল বোরণ বা ফসফরাসের ক্লোরাইড যৌগ নিয়ে এদের তুল্যাঙ্কভার এবং NH_4Cl নিয়ে নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কও নির্ণীত হতে পারে।

(5) **ধাতু দ্বারা ধাতু-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি ঃ** অনেক ধাতব মৌল নিম্নতর তড়িৎ ধ্বনাত্মক ধাতুর লবণের দ্রবণ থেকে ঐ ধাতুটিকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে, এসবক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ঘটে তুল্যাঙ্ক অনুপাতে। ধাতু দুটির যে কোন একটির তুল্যাঙ্কভার জানা থাকলে অন্যটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় এইভাবে :

$$\frac{\text{প্রথম ধাতুর ওজন } (\omega_1)}{\text{ঐ ওজনের ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত দ্বিতীয় ধাতুর ওজন } (\omega_2)} = \frac{\text{প্রথম ধাতুর তুল্যাঙ্কভার } (E_1)}{\text{দ্বিতীয় ধাতুর তুল্যাঙ্কভার } (E_2)}.$$

যেমন : আয়রণ বা জিঙ্ক কপারসালফেট দ্রবণ থেকে কপারকে প্রতিস্থাপিত করে :

$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu.$ $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu.$ জানা ওজনের আয়রণ বা জিঙ্কের সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ কপার সালফেট দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রতিস্থাপিত কপারের ওজন নির্ণয় করা হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার জানা থাকলে Fe বা Zn এর তুল্যাঙ্কভার সহজেই নির্ণীত হতে পারে। এই পদ্ধতিটি অবশ্য খুব একটা ত্রুটিমুক্ত নয়, কারণ অনেক ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া পরিমাণগত হয় না।

(6) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** পরে দ্রষ্টব্য।

পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ কোন মৌলের **সঠিক** পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করতে হলে : (ক). প্রথমে নিম্নে বর্ণিত যে কোন পদ্ধতির সাহায্যে মৌলের **আনুমানিক** (approximate) পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। (খ) প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে মৌলটির **সঠিক তুল্যাঙ্কভার** নির্ণীত হয়। (গ) আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাঙ্কভার দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তার নিকটতম পূর্ণসংখ্যাই হল মৌলটির যোজ্যতা (কারণ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না)। (ঘ) সবশেষে সঠিক তুল্যাঙ্কভারকে যোজ্যতা দিয়ে গুণ করলেই **সঠিক পারমাণবিক ওজন** পাওয়া যাবে।

মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের কয়েকটি পদ্ধতি এখানে আলোচিত হল :

(ক) **ডুলং ও পেটিটের সূত্রের সাহায্যে ঃ** 1819 সালে ফরাসী বিজ্ঞানীদ্বয় ডুলং এবং পেটিট এই সূত্রটি দেন : **সাধারণ তাপমাত্রায় সকল কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ একই এবং এর মান মোটামুটিভাবে** 6.3. এখন, মৌলের পারমাণবিক তাপ বলতে ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং আপেক্ষিক তাপের

গুণফলকে বোঝায়। অতএব, ডুলং ও পেটিটের সূত্র-অনুযায়ী : **কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ=পারমাণবিক ওজন×আপেক্ষিক তাপ**=6.3 (মোটামুটিভাবে)। বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায়, কম পারমাণবিক ওজন এবং উচ্চ গলনাঙ্ক সম্পন্ন কঠিন মৌল যেমন, বেরিলিয়াম, বোরন, কার্বন এবং সিলিকন—এদের ক্ষেত্রে ডুলং-পেটিটের সূত্র প্রযোজ্য হয় না, এদের পাঃ তাপ খুবই কম। এছাড়া, অন্যান্য কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক তাপ মোটামুটিভাবে 6.3 ± 0.7.

যাই হোক্, কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ জানা থাকলে, এর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন ডুলং-পেটিটের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যেতে পারে এইভাবে :

$$\text{আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6.3}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}।$$

যেমন : Cu এর আঃ তাপ 0.1, সুতরাং Cu এর আনুমানিক পাঃ ওজন= $6.3/0.1=63$. **এই সূত্রটি কেবল মাত্র কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।**

উদাহরণ : একটি কঠিন ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0.208, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 9. তাহলে এর সঠিক পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতা কত হবে ?

সমাধান : ডুলং-পেটিটের সূত্রের সাহায্যে লেখা যায় :

$$\text{কঠিন ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6.3}{\text{আপেক্ষিক তাপ } (0.208)} = 30.29.$$

$$\text{ধাতুর যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{30.29}{9} = 3.37.$$

কিন্তু, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না, কাজেই ধাতুটির প্রকৃত যোজ্যতা 3.37 এর নিকটতম পূর্ণসংখ্যা অর্থাৎ 3.

$\therefore$ ধাতুটির **সঠিক পারমাণবিক ওজন**=তুল্যাঙ্কভার× যোজ্যতা

$=9\times3=27.$

[এই উদাহরণের সাহায্যে সঠিক পাঃ ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি দেখানো হল।]

(খ) **মিত্‌শারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের সাহায্যে :** যে সকল কেলাসাকার যৌগের কেলাসগুলির আকৃতি একই রকম, তাদেরকে বলে সমাকৃতি যৌগ। কেবলমাত্র কেলাসের আকৃতি একইরূপ তা নয়, সমাকৃতিত্বের আরও লক্ষণ হচ্ছে :

(1) সমাকৃতি যৌগগুলি **মিশ্র-কেলাস** গঠন করতে পারে এবং তারা অনেক সময় (2) **বিবৃদ্ধি-কেলাসও** (Overgrowth-crystal) গঠন করতে পারে। যেমন, সাধারণ অ্যালাম বা ফট্‌কিরি [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] এবং ক্রোম অ্যালাম [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] সমাকৃতিত্ব সম্পন্ন, কারণ (i) এদের

কেলাসের আকৃতি একই রকম, (ii) সাধারণ অ্যালাম এবং ক্রোম অ্যালামের মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করলে উৎপন্ন সমসত্ব কেলাস উভয় যৌগ নিয়েই গঠিত হয় এবং (iii) ক্রোম অ্যালামের সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্যে সাধারণ অ্যালামের বর্ণহীন ছোট্ট একটি কেলাস ঝুলিয়ে দিলে, ঐ কেলাসের উপর লাল্‌চে-বেগুনী বর্ণের ক্রোম অ্যালাম কেলাসের একটি আস্তরণ পড়ে। একেই বলে **বিবৃদ্ধি-কেলাস**। এই সব লক্ষণগুলিই সমাকৃতিত্বের লক্ষণ।

1819 সালে মিত্‌শারলিস তাঁর সমাকৃতিত্ব সূত্রটি দেন এইভাবে: **একই-সংখ্যক পরমাণু একইভাবে যুক্ত হয়ে সমাকৃতি-সম্পন্ন যৌগ গঠন করে, যৌগগুলির এই সমাকৃতিত্ব উপাদান মৌলগুলির পরমাণুসমূহের রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়, কেবলমাত্র পরমাণুগুলির সংখ্যা এবং বিন্যাসভঙ্গির উপর নির্ভরশীল।**

এর থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, যখন কেলাসাকৃতির পরিবর্তন না ঘটিয়ে একটি মৌলের যৌগ থেকে ঐ মৌলটি অপর একটি মৌল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তখন এই প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় প্রথম মৌলের 1টি পরমাণু প্রতিস্থাপিত হবে দ্বিতীয় মৌলের ঠিক 1টি পরমাণুদ্বারা, 2টি পরমাণু প্রতিস্থাপিত হবে 2টি পরমাণুদ্বারা, যে কোন সংখ্যক পরমাণুই প্রতিস্থাপিত হবে সমসংখ্যক পরমাণুদ্বারা। অর্থাৎ, মিত্‌শারলিসের সূত্রটিকে অন্যভাবে বলা যায়: **যে সমস্ত যৌগিক পদার্থ একই আকৃতির কেলাস গঠন করে** (অর্থাৎ সমাকৃতি পদার্থ) **তাদের ফর্মুলা বা সংকেত একই ধরনের**। যেমন, কিউপ্রাস সালফাইড এবং সিলভার সালফাইড সমাকৃতি যৌগ। কিউপ্রাস সালফাইডের ফর্মুলা Cu_2S. সুতরাং মিত্‌শারলিসের সূত্র-অনুযায়ী সিলভার সালফাইডের ফর্মুলা হবে Ag_2S. Ag_2S এর অণুতে পরমাণুর সংখ্যা 3, Cu_2S এও তাই। পার্থক্য শুধু সিলভার পরমাণু কপার পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত Cu_2S এ। Ag এর 2টি পরমাণু প্রতিস্থাপিত Cu এর ঠিক 2টি পরমাণুদ্বারা।

[প্রশ্ন: ফেরাস সালফেট এবং জিঙ্ক সালফেট সমাকৃতি যৌগ। ফেরাস-সালফেটের সংকেত $FeSO_4.\ 7H_2O$; তাহলে জিঙ্ক সালফেটের সংকেত কী হবে?]

মিত্‌শারলিসের সূত্র অবলম্বনে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যেতে পারে এইভাবে: মনে করি, দুটি মৌল A ও B সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ গঠন করে। তাহলে, মিত্‌শারলিসের সূত্র-অনুযায়ী যৌগ দুটিতে মৌল দুটির একটির পরমাণু অপরটির একই সংখ্যক পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, অর্থাৎ A মৌলের

1 টি পরমাণু B যৌলের ঠিক 1টি পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এখন A ও B যে যে ওজনে পরস্পরকে প্রতিস্থাপিত করে, সেই ওজন দুটি যদি ω_1 ও ω_2 হয় এবং A ও B এর পারমাণবিক-ওজন যদি যথাক্রমে a ও b হয়, তবে লেখা যায়ঃ

$$\frac{\text{A এর প্রতিস্থাপিত ওজন } (\omega_1)}{\text{B এর প্রতিস্থাপিত ওজন } (\omega_2)} = \frac{\text{A এর পারমাণবিক ওজন } (a)}{\text{B এর পারমাণবিক ওজন } (b)}.$$

গাণিতিক উদাহরণঃ একটি ধাতুর সালফাইডে 87% ধাতু বর্তমান, এই সালফাইড কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S) এর সমাকৃতি। কিউপ্রাস সালফাইডে Cu এর পরিমাণ 80%. ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন কত? (Cu = 63.5)

সমাধানঃ কিউপ্রাস সালফাইডে (100 − 80) বা 20 ভাগ ওজনের সালফারের সাথে যুক্ত আছে 80 ভাগ ওজনের কপার। ∴ 1 ভাগ ওজনের সালফারের সাথে যুক্ত আছে 80/20 বা 4 ভাগ ওজনের কপার।

অনুরূপভাবে, ধাতব সালফাইডে (100 − 87) বা 13 ভাগ ওজনের সালফারের সাথে যুক্ত আছে 87 ভাগ ওজনের ধাতু। ∴ 1 ভাগ ওজনের সালফারের সাথে যুক্ত আছে 87/13 বা 6.7 ভাগ ওজনের ধাতু।

∴ সালফারের একই ওজন, অর্থাৎ 1 ভাগ ওজন-এর সাথে যুক্ত ধাতু এবং কপার-এর ওজন দুটি যথাক্রমে 6.7 এবং 4; এই ওজন দুটিই ধাতু দুটির প্রতিস্থাপিত ওজন।

$$\therefore \frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপিত ওজন } (6.7)}{\text{কপারের প্রতিস্থাপিত ওজন } (4)} = \frac{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন } (63.5)}$$

বা, ধাতুর পারমাণবিক ওজন $= \frac{6.7 \times 63.5}{4} = 106.4.$

বিকল্প পদ্ধতিঃ যেহেতু ধাতব সালফাইড কিউপ্রাস সালফাইডের সমাকৃতি, সুতরাং মিত্‌শারলিসের সূত্র অনুযায়ী ধাতব সালফাইডের ফর্মুলা হবে M_2S, যদি M ধাতুটির প্রতীকচিহ্ন হয়। মনে করি, ধাতুর পাঃ ওজন $= x$. ∴ M_2S এর আণবিক ওজন $= 2 \times x + 32$. এখন, $(2x + 32)$ ভাগ ওজনের ধাতব সালফাইডে x ভাগ ওজনের ধাতু বর্তমান। ∴ 100 ভাগ ওজনের ধাতব সালফাইডে $\frac{x \times 100}{2x + 32}$ ভাগ ওজনের ধাতু বর্তমান। কিন্তু দেওয়া আছে 100 ভাগ ধাতব সালফাইডে 87 ভাগ ওজনের ধাতু বর্তমান। ∴ $\frac{x \times 100}{2x + 32} = 87.$ সমাধান করে পাওয়া যায়

$x = 107$ (উঃ)

[দ্রষ্টব্য : দুটি পদ্ধতিতে উত্তরে সামান্য পার্থক্য হচ্ছে, দ্বিতীয় পদ্ধতিটিই সঠিকতর]

মিত্‌শারলিসের সূত্রের বহু ব্যতিক্রম আছে। যথা : দুটি যৌগ সমাকৃতিসম্পন্ন হলেই তাদের ফর্মূলা একরকম নাও হতে পারে, যেমন পটাসিয়াম সালফেট এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, এদের ফর্মূলা যথাক্রমে K_2SO_4 এবং $KMnO_4$, সিলভার সালফাইড এবং লেডসালফাইড Ag_2S ও PbS. আবার একই ধরনের সংকেতযুক্ত যৌগ সমাকৃতি নাও হতে পারে, যেমন NaCl এবং KCl ; $NaNO_3$ এবং $CaCO_3$ একেবারে আলাদা ধরনের যৌগ, কিন্তু এরা সমাকৃতিসম্পন্ন। আবার একই যৌগের ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির কেলাস থাকতে পারে। সুতরাং, মিত্‌শারলিসের সূত্রের সাহায্যে অনেকক্ষেত্রেই পাঃ ওজন নির্ণয় সম্ভবপর নয়।

(গ) **ক্যানিজারো-পদ্ধতি**—তৃতীয় অধ্যায়ে পূর্বেই আলোচিত হয়েছে।

(ঘ) **পর্যায় সারণীতে মৌলের অবস্থান থেকে :** পর্যায়-সারণী সম্পর্কিত অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

এই সমস্ত পদ্ধতি ছাড়াও সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে স্ট্যাস, মোর্লে, রিচার্ডস্, প্রভৃতি বিজ্ঞানীর যথেষ্ট অবদান আছে।

তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন সম্পর্কীয় গাণিতিক সমস্যা

(1) 0.04 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় 15° সে. উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে তার আয়তন 40 মি.লি., ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর (15° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=12.5 মি.মি. এবং N.T.P. তে 1 মি.লি. হাইড্রোজেনের ওজন 0.00009 গ্রাম)।

(H. S. Comp. '69)

সমাধান : উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস জলীয় বাষ্পের সাথে মিশ্রিত অবস্থায় রয়েছে।

∴ শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ+জলীয় বাষ্পের চাপ=750 মি. মি. বা, শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ=750 মি.মি. − 12.5 মি.মি. (15° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ)

=737.5 মি.মি.

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় ঐ হাইড্রোজেনের আয়তন যদি V মি.লি. হয়, তবে চার্লস এবং বয়েলের মিলিত সূত্র থেকে লেখা যায় :

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{737.5 \times 40}{273 + 15} \text{ বা } V = \frac{273 \times 737.5 \times 40}{760 \times 288} \text{ মি.লি.}$$

ঐ আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন $= \frac{273 \times 737.5 \times 40 \times 0.00009}{760 \times 288}$ গ্রাম।

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 1.008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$= \frac{0.04 \times 1.008 \times 760 \times 288}{273 \times 737.5 \times 40 \times 0.00009} = 12.18.$$

(2) 0·3975 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণ বিজারিত করে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ পূর্বে ওজন করা গলিত $CaCl_2$ পূর্ণ U নলের মধ্যে পাঠালে U নলের ওজন 0·09 গ্রাম বৃদ্ধি পেল। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত? (H.S., 1964)

সমাধান : কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ হচ্ছে জলীয় বাষ্প : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$. গলিত $CaCl_2$ উৎপন্ন জল শোষণ করে, কাজেই $CaCl_2$-ভরা U-নলের ওজন বৃদ্ধি পায়।

$\therefore$ U-নলের এই বর্ধিত ওজন 0·09 গ্রাম = CuO থেকে উৎপন্ন জলের ওজন।

এখন, (16+2) বা 18 গ্রাম জলে অক্সিজেন থাকে 16 গ্রাম।

$\therefore$ 0·09 গ্রাম জলে অক্সিজেন থাকে $\frac{16 \times 0.09}{18}$ গ্রাম বা 0·08 গ্রাম।

এই পরিমাণ অক্সিজেন বর্তমান আছে 0·3975 গ্রাম CuO এ।

$\therefore$ 0·3975 গ্রাম CuO এ Cu এর পরিমাণ = (0·3975 − 0·08) গ্রাম
= 0·3175 গ্রাম।

0·08 গ্রাম অক্সিজেনের সাথে যুক্ত Cu এর ওজন = 0·3175 গ্রাম।

$\therefore$ 8 " " " " " " " $= \frac{0.3175 \times 8}{0.08}$ গ্রাম বা 31·75 গ্রাম।

$\therefore$ Cu এর তুল্যাঙ্কভার = 31·75.

(3) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার কত? (Al = 27, S = 32, Ca = 40).

সমাধান : অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের আণবিক সংকেত $Al_2(SO_4)_3$.

$\therefore$ এর আণবিক ওজন $= 2 \times 27 + 3 \times 32 + 12 \times 16 = 342$.

এখন, লবণের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{ক্যাটায়নের মোট যোজ্যতা}}$

$$= \frac{342}{\text{2টি অ্যালুমিনিয়াম আয়নের মোট যোজ্যতা (অর্থাৎ } 2\times 3)}$$

$$= \frac{342}{6} = 57.$$

অনুরূপভাবে, $CaCO_3$ এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{CaCO_3 \text{ এর আণবিক ওজন}}{Ca \text{ এর যোজ্যতা}}$

$$= \frac{40+12+48}{2}$$

$$= \frac{100}{2} = 50.$$

বিকল্প পদ্ধতি : অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের তুল্যাঙ্কভার

$= Al$ এর তুল্যাঙ্কভার $+ SO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার।

Al এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{27}{3} = 9$, SO_4 মূলকের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{32+64}{2} = 48$;

$\therefore$ $Al_2(SO_4)_3$ এর তুল্যাঙ্কভার $= 9+48=57.$

অনুরূপভাবে, $CaCO_3$ এর তুল্যাঙ্কভার $= Ca$ এর তুল্যাঙ্কভার $+ CO_3$-এর

তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{40}{2} + \dfrac{12+3\times 16}{2} = 20+30=50.$

(4) 0.22 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড থেকে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করতে 0·51 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0.057 হলে ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব কত হবে ? ($Ag=108$, $Cl=35.5$, $N=14$)

(H. S., 1976)

$AgNO_3$ এবং আণবিক ওজন $=108+14+3\times 16=170$

$AgCl$ এর আণবিক ওজন $=108+35.5=143.5.$

170 গ্রাম $AgNO_3$ 143.5 গ্রাম $AgCl$ উৎপন্ন করে।

$\therefore$ 0.51 গ্রাম $AgNO_3$ দ্বারা উৎপন্ন $AgCl$ এর পরিমাণ

$= \dfrac{143.5\times 0.51}{170}$ গ্রাম।

ঐ পরিমাণ $AgCl$ অধঃক্ষিপ্ত হয় 0.22 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড থেকে।

তাহলে $\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{AgCl এর ওজন}}=\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{AgCl এর তুল্যাঙ্কভার}}$

∴ ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন}\times \text{AgCl এর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{AgCl এর ওজন}}$$

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার যদি E হয়, তবে ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার =

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার + ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার $=E+35.5$

এবং AgCl এর তুল্যাঙ্কভার = Ag এর তুল্যাঙ্কভার + ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার

$$=108+35.5=143.5$$

$$\therefore\quad E+35.5=\frac{0.22\times 143.5}{\frac{143.5\times 0.51}{170}}=\frac{22\times 170}{51}=73.3$$

বা $E=73.3-35.5=37.8$

এখন, ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে আমরা জানি,

ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\frac{6.3}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\frac{6.3}{0.057}=110.5$

তাহলে ধাতুর যোজ্যতা $=\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}=\frac{110.5}{37.8}=2.9$

কিন্তু, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না। তাই ধাতুর প্রকৃত যোজ্যতা 2.9 এর নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা 3. ∴ ধাতুর **সঠিক পারমাণবিক ওজন**

= তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা $=37.8\times 3=113.4$

'মোল' ধারণার ভিত্তিতে গণনা :

ধাতুটির চিহ্ন যদি M এবং যোজ্যতা v হয়, তবে $AgNO_3$ এর সাথে বিক্রিয়ার সমীকরণ হবে : $MCl_v+vAgNO_3=vAgCl\downarrow+M(NO_3)_v$. সমীকরণ অনুযায়ী v 'মোল' $AgNO_3$ 1 মোল ধাতব ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়ায় v মোল AgCl উৎপন্ন করে। বা 1 মোল $AgNO_3$, $\frac{1}{v}$ মোল ধাতব ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়ায় 1 মোল AgCl উৎপন্ন করে।

এখন $AgNO_3$ এর আণবিক ওজন = 170. $\therefore$ 0·51 গ্রাম = $\frac{0·51}{170}$ মোল $AgNO_3$

$\frac{0·51}{170}$ মোল $AgNO_3$ $\frac{1}{v} \times \frac{0·51}{170}$ মোল ধাতব ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়ায় $\frac{0·51}{170}$ মোল AgCl উৎপন্ন করে। প্রদত্ত সর্ত অনুযায়ী $\frac{0·51}{v \times 170}$ মোল ধাতব ক্লোরাইড = 0·22 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড।

$\therefore$ $\frac{1}{v}$ মোল ধাতব ক্লোরাইড $= \frac{0·22 \times v \times 170}{0·51 \times v}$ গ্রাম = 73.3 গ্রাম।

যেহেতু $\frac{1}{v}$ মোল ধাতব ক্লোরাইড থেকে 1 মোল সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায় এবং AgCl এর গ্রাম মোল এবং গ্রাম তুল্যাঙ্ক একই। সুতরাং ধাতব ক্লোরাইডের $\frac{1}{v}$ মোলই এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক।

$\therefore$ ধাতব ক্লোরাইডের গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার = 73.3 গ্রাম।

অর্থাৎ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার + ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার = 73.3.

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = 73.3 − 35.5 = 37.8.

এর পর আগের মতোই।

5. 0.362 গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে 3.225 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (Ag = 107·88, Ag এর যোজ্যতা = 1)

[H. S., 1965]

উঃ Ag এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{Ag এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{এর যোজ্যতা}} = \frac{107.88}{1} = 107·88$

ধাতুদ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন ক্রিয়াটি ঘটে এদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে :

$\therefore$ $\frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপক ওজন}}{\text{Ag এর প্রতিস্থাপিত ওজন}} = \frac{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{Ag এর তুল্যাঙ্কভার}}$.

বা ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপক ওজন} \times \text{Ag এর তুল্যাঙ্ক}}{\text{Ag এর প্রতিস্থাপিত ওজন}}$

$= \frac{0.362 \times 107.88}{3.225} = 12.1$

6. একটি মৌলের অক্সাইডে শতকরা 53 ভাগ মৌল আছে। মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 66। মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [H. S. 1975]

অক্সাইডে মৌল আছে 53 ভাগ। $\therefore$ অক্সিজেন আছে (100 − 53) বা 47 ভাগ।

47 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় 53 ভাগ ওজনের মৌল।

বা 8 " " " " " " $\frac{53 \times 8}{47}$

বা 9 ভাগ ওজনের মৌল।

$\therefore$ মৌলের **তুল্যাঙ্কভার** = 9.

আবার, মৌলটির ক্লোরাইডের আণবিক ওজন = 2 × 66 = 132 ($\because$ M = 2D)

মনে করি, মৌলটির চিহ্ন X এবং যোজ্যতা v ; তাহলে মৌলের ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত XCl_v এবং আণবিক ওজন = X এর পাঃ ওজন + v × ক্লোরিনের পাঃ ওজন = $9v + 35.5v$ ($\because$ মৌলের পাঃ ওজন = তুল্যাঙ্ক 9 × যোজ্যতা v এবং ক্লোরিনের পাঃ ওজন = 35.5)

$\therefore$ $44{\cdot}5v = 132$, বা $v = 2.96$. কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না। কাজেই মৌলটির প্রকৃত যোজ্যতা 3.

$\therefore$ **মৌলের পাঃ ওজন** = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা = 9 × 3 = 27.

7. 2·45 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করে 1·49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া গেল। পটাসিয়ামের পাঃ ওজন কত? [H. S. (Tech.), 1973]

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে এটি নিম্নরূপে বিযোজিত হয় :

$KClO_3$ (পটাসিয়াম ক্লোরেট) = KCl (পটাসিয়াম ক্লোরাইড) + 3O

$\therefore$ পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজনের পার্থক্য = অক্সিজেনের ওজন = (2.45 − 1.49) গ্রাম বা 0.96 গ্রাম।

এখন, $\frac{\text{পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{\text{পটাসিয়ামের পাঃ ওজন} + \text{ক্লোরিনের পাঃ ওজন}}{3 \times \text{অক্সিজেনের পাঃ ওজন}}$

পটাসিয়ামের পাঃ ওজন মনে করি x, তাহলে,

$\frac{1{\cdot}49}{0{\cdot}96} = \frac{x + 35.5}{3 \times 16}$ বা $x = \frac{48 \times 1{\cdot}49}{0.96} - 35.5 = 39$ (প্রায়)

8. 80 গ্রাম কঠিন ধাতুকে 100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে 400 গ্রাম জলে ফেলা হল, জলের তাপমাত্রা 20°C থেকে বেড়ে 21°C হল। ধাতুটির আনুমানিক পাঃ ওজন কত ?

80 গ্রাম গরম ধাতু জলে ফেলায় ধাতুর তাপমাত্রা 100°C থেকে 21°C এ নামে এবং জলের তাপমাত্রা 20°C থেকে বেড়ে 21°C হয়। আমরা জানি **বর্জ্জিত তাপ = গৃহীত তাপ**। মনে করি, ধাতুর আঃ তাপ s, তাহলে 80 গ্রাম ধাতু কর্তৃক বর্জ্জিত তাপ $= 80 \times s\,(100-21)$ ক্যালরি। এবং 400 গ্রাম জল কর্তৃক গৃহীত তাপ $= 400 \times (21-20)$ ক্যালরি।

$\therefore\ 80 \times s \times 79 = 400$ বা $s = 0.063$.

ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে : পাঃ ওজন × আঃ তাপ = 6.3 (মোটামুটিভাবে),

$\therefore$ পাঃ ওজন $= \dfrac{6.3}{0.063} = 100$ (মোটামুটিভাবে)।

মোল সম্পর্কিত গণনা :

(1) 1 গ্রাম অক্সিজেনে : (ক) পরমাণুর সংখ্যা কত ? (খ) অণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান : (ক) অক্সিজেনের গ্রাম পারমাণবিক ওজন = 16 গ্রাম।

1 গ্রাম অক্সিজেনে (পরমাণুর) 'মোলের' সংখ্যা $= \dfrac{1 \text{ গ্রাম}}{16 \text{ গ্রাম}} = \dfrac{1}{16}$.

1 মোল অক্সিজেনে পরমাণু সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা)

$\therefore\ \frac{1}{16}$ .... $= \frac{1}{16} \times 6.023 \times 10^{23} = 3.76 \times 10^{22}$ (উঃ)।

(খ) অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 32 গ্রাম

1 গ্রাম অক্সিজেনে (অণুর) মোলের সংখ্যা $= \dfrac{\text{গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-আণবিক ওজন}}$

$$= \frac{1 \text{ গ্রাম}}{32 \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{32}.$$

1 মোল অণু $= 6.023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু

$\therefore\ \dfrac{1}{32}$ মোল অণু $= \dfrac{6.023}{32} \times 10^{23}$ বা 1.88×10^{22} সংখ্যক অণু (উঃ)।

(2) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা এবং তাদের ওজন কত ?

সমাধান : প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22,400 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসে এর 1 মোল অণু থাকে।

$\therefore$ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসে থাকে $\frac{1}{22,400}$ মোল অণু।

এখন, 1 মোল অণু $=6.023\times10^{23}$ সংখ্যক অণু।

$\therefore$ $\frac{1}{22,400}$ মোল অণু $=\frac{6.023\times10^{23}}{22400}$ সংখ্যক বা 2.7×10^{19} টি অণু।

আবার 1 মোল অণুর ওজন = গ্রাম আণবিক ওজন = 2.016 গ্রাম।

$\therefore$ $\frac{1}{22400}$ মোল অণুর ওজন $=\frac{1}{22400}\times2.016$ গ্রাম $=0.00009$ গ্রাম।

(3) 3.012×10^{24} সংখ্যক ক্লোরিন-পরমাণুর ওজন কত ?

1 মোল ক্লোরিন-পরমাণু অর্থাৎ 6.023×10^{23} সংখ্যক পরমাণুর ওজন (গ্রামে) = ক্লোরিনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন = 35.5 গ্রাম।

$\therefore$ 3.012×10^{24} সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণুর ওজন $=\frac{35.5\times3.012\times10^{24}}{6.023\times10^{23}}$

$=177.5$ গ্রাম।

(4) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 48.36 গ্রাম ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন কত ?

ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 71 গ্রাম।

48.36 গ্রাম ক্লোরিনে (অণুর) মোলের সংখ্যা $=\frac{48.36}{71}=0.681$

1 মোল বা 71 গ্রাম ক্লোরিনের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22.4 লিটার।

$\therefore$ 0.681 মোল ক্লোরিনের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22.4×0.681 লিটার বা 15.25 লিটার।

(5) 12 ভর সংখ্যার কার্বন-পরমাণুর ওজন কত ?

ঐ কার্বনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন = 12 গ্রাম।

অর্থাৎ, 1 'মোল' কার্বন-পরমাণু বা 6.023×10^{23} সংখ্যক কার্বন-পরমাণুর ওজন = 12 গ্রাম।

$\therefore$ 1টি কার্বন-পরমাণুর প্রকৃত ওজন $=\frac{12}{6.023\times10^{23}}$ গ্রাম বা 2×10^{-23} গ্রাম।

(6) এক গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করলে উদ্ভূত হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত হবে ? (H. S., 1976)

ম্যাগনেসিয়াম ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$

24.3 2.016

24.3 গ্রাম বা 1 গ্রাম-মোল Mg, 2.016 গ্রাম বা 1 গ্রাম-মোল হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

∴ 1 গ্রাম বা $\frac{1}{24.3}$ গ্রাম-মোল Mg দ্বারা $\frac{1}{24.3}$ গ্রাম মোল হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হবে।

এখন, 1 গ্রাম-মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $=6.023\times10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা)

∴ $\frac{1}{24.3}$ .... $=\frac{6.023}{24.3}\times10^{23}=2.48\times10^{22}$

(7) N. T. P. তে ক্লোরিন গ্যাসের 0.25 গ্রাম পরমাণুর আয়তন কত ?

(H. S., 73)

ক্লোরিনের 1টি অণুতে 2টি পরমাণু থাকে। ∴ ক্লোরিনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বা গ্রাম-পরমাণু $=\frac{1}{2}\times$ গ্রাম-আণবিক ওজন।

∴ 0.25 গ্রাম-পরমাণু $=\frac{0.25}{2}$ বা 0.125 গ্রাম অণু বা গ্রাম মোল।

N. T. P. তে 1 গ্রাম-মোল ক্লোরিন-গ্যাসের আয়তন $=22.4$ লিটার।

∴ ....0.125............... $=(22.4\times0.125)$ লিটার বা 2.8 লিটার

(8) (*a*) 2 'মোল' ফেরিক ক্লোরাইড = কত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ?

ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=\dfrac{\text{1 গ্রাম মোল}}{\text{ক্যাটায়ন } Fe^{+3} \text{ এর যোজ্যতা 3}}$

অর্থাৎ 1 'মোল' ফেরিক ক্লোরাইড $=3\times$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

∴ 2... .... $=2\times3$ বা 6 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

(*b*) 0.66 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $AlBr_3$ = কত গ্রাম-মোল ?

$AlBr_3$ এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=\dfrac{\text{1 গ্রাম-মোল}}{\text{ক্যাটায়ন } Al^{+3} \text{ এর যোজ্যতা 3}}$

∴ 0.66 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $AlBr_3=\frac{1}{3}\times0.66$ বা 0.22 গ্রাম-মোল।

অনুশীলনী

(1) **নীচের বিবৃতিগুলির কোনটি সঠিক এবং কোনটি ভুল ?**

(a) অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 8 গ্রাম এবং 1.008 গ্রাম।

(b) ফেরাস-ক্লোরাইড এবং ফেরিক ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার একই।

(c) কপারের দুটি যোজ্যতা, তুল্যাঙ্কভারও দুটি।

(d) পদার্থের তুল্যাঙ্কভার নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল।

(e) 16 গ্রাম অক্সিজেনের সাথে 40 গ্রাম ক্যালসিয়াম যুক্ত হয়। সুতরাং Ca এর তুল্যাঙ্কভার 40।

(f) ডুলং-পেটিটের সূত্র কার্বনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য, কপারের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

(g) হাইড্রোজেন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় না। কিন্তু ঐ পদ্ধতিতে কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

(2) **কোনটি ঠিক ?**

(i) ডুলং-পেটিটের সূত্র প্রযোজ্য (a) কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে, (b) গ্যাসীয় মৌলের ক্ষেত্রে।

(ii) মিত্‌শারলিস-সূত্রের ব্যতিক্রম (a) আছে (b) নাই।

(iii) ডুলং-পেটিট সূত্রের সাহায্যে নির্ণীত পাঃ ওজন (a) আনুমানিক, (b) সঠিক।

(iv) অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 9. সুতরাং এর পাঃ ওজন (a) 9 (b) 27 (c) 3.

(v) মৌল X এর পাঃ ওজন 40, তুল্যাঙ্কভার 20. সুতরাং X এর ক্লোরাইডের সংকেত (a) XCl_2 (b) XCl_3 (c) XCl.

(vi) মৌল M এর অক্সাইডের সংকেত M_2O_3. এর পাঃ ওজন=56. সুতরাং এর তুল্যাঙ্কভার (a) 28 (b) 56 (c) 18.7

(vii) 8 গ্রাম অক্সিজেনের সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্লোরিন বলতে বোঝায় (a) 1.008 গ্রাম ক্লোরিন (b) 35·457 গ্রাম ক্লোরিন।

(3) মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলতে কি বোঝা যায় ? পারমাণবিক গুরুত্বের সাথে এর সম্পর্ক কি ? কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের একটি পরীক্ষণ পদ্ধতির বিবরণ দাও। পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে কি ভাবে কপারের তুল্যাঙ্কভার গণনা করবে ? (H. S., 1976)

(4) মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং তুল্যাঙ্কভারের সম্পর্ক নির্ণয় কর। কোন মৌলের কি একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকতে পারে? ব্যাখ্যা কর।

(Jt. Entrance, 1976)

(5) কার্বনের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণয় করা হয় বর্ণনা কর। পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে কিভাবে গণনা করা হয়? পরীক্ষাকালীন যে সকল বিক্রিয়া ঘটে সেগুলির সমীকরণ লেখ। (H. S., 1968)

(6) জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণীত হয় পরীক্ষাগত খুঁটিনাটি সহ বিস্তৃতভাবে বর্ণনা কর। কিভাবে গণনা করা হয়? ব্যবহৃত যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর।

(H. S. Comp., 1961)

(7) অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি ঘটিয়ে ঐ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভারে কি ভাবে নির্ণয় করা যায় বিস্তৃতভাবে বর্ণনা কর। ব্যবহৃত যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর। (H. S., 1965)

(8) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ থেকে লেড জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক যদি জানা থাকে, তাহলে লেডের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণয় করা যেতে পারে? পদ্ধতিটির নীতি বুঝিয়ে দাও এবং কিভাবে গণনা করবে দেখাও।

(9) মূলক এবং যৌগের তুল্যাঙ্কভার বলতে কি বোঝা যায়? কার্বনেট মূলক এবং অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার কত হবে? একই যৌগের কি একাধিক তুল্যাঙ্কভার হতে পারে?

(10) সিলভার এবং পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

(11) মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং তুল্যাঙ্কভারের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় কর। কি অবস্থায় দুটির মান একই হতে পারে? দুটি উদাহরণ দাও। (H. S., 1963)

(12) পারমাণবিক ওজন বলতে কি বোঝা যায়? ক্লোরিনের পাঃ ওজন 35.5—এর অর্থ কি? একটি মৌলের উল্লেখ কর এবং ঐ মৌলটির পাঃ ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বিস্তৃতভাবে বর্ণনা কর। (H. S. comp., 1971)

[দ্বিতীয় এবং তৃতীয় অধ্যায় দ্রষ্টব্য (ক্যানিজারো পদ্ধতির সাহায্যে পাঃ ওজন নির্ণয়)]

(13) (i) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি কি? মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে এই সূত্রের প্রয়োগ একটি উপযুক্ত দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝিয়ে দাও। (ii) সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ বলতে কি বোঝায়? এদের বৈশিষ্ট্য কি? দুটি উদাহরণ দাও।

(H. S., 1971)

ডুলং-পেটিটের সূত্রের সীমাবদ্ধতা কি?

(14) সমাকৃতিত্ব কথাটির ব্যাখ্যা কর। উদাহরণ সহ সমাকৃতিত্বের লক্ষণগুলি আলোচনা কর। মিত্শারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রটি বিবৃত কর। মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে সূত্রটির প্রয়োগ বর্ণনা কর। এই সূত্রের ব্যতিক্রম আছে কী?

(15) মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন কিভাবে নির্ণয় করা যায়? মৌল কপারকে উদাহরণ হিসাবে নিয়ে আলোচনা কর। (কপারের আপেক্ষিক তাপ 0.1)

(16) 0.1 গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে N T. P. তে 34.26 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। দ্রবণ বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শোষকাধারে রেখে শুষ্ক করলে একটি সাদা কেলাসাকার যৌগ পাওয়া যায়, যেটি $FeSO_4, 7H_2O$ এর সমাকৃতি। যৌগটির আণবিক ওজন মোটামুটিভাবে 287. ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [এই তথ্য ব্যবহার কর: N. T. P. তে গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22.4 লিটার এবং সালফারের পাঃ ওজন 32]

[Hints: N. T. P তে 22.4 লিঃ হাইড্রোজেনের ওজন = 2.016 গ্রাম। $\therefore$ 34 26 ml হাইড্রোজেনের ওজন = ? ধাতব সালফেট উৎপন্ন হবে, এর সংকেত হবে $MSO_4, 7H_2O$. আণবিক ওজন 287 = M এর পাঃ ওজন + 32 + 64 + 126. M এর যোজ্যতা 2 (সালফেটের সংকেত থেকে বা পাঃ ওজন/তুল্যাঙ্কভার। $\therefore$ সঠিক পাঃ ওজন = তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা] (উঃ তুল্যাঙ্ক = 32.69, পাঃ ওজন = 65.38)

(17) (*a*) 0.6842 গ্রাম কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে দ্রবণ বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে সতর্কতার সাথে শুকিয়ে ফেলা হল। কঠিন অবশেষকে তীব্র উত্তপ্ত করলে 0.8567 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

(*b*) 1.0813 গ্রাম আয়রন 3.1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এই যৌগে আয়রনের তুল্যাঙ্ক কত? [H. S. Comp., 1960]

[উঃ (*a*) 31.72, (*b*) 18.57]

(18) (*a*) 0.2434 গ্রাম একটি ধাতু M এর ক্লোরাইডের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবণের সাথে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় 0.6450 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক 35.457 ধরে M এর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। এক-যোজী মৌল সিলভারের পাঃ ওজন 107.88.

(*b*) 0.2234 গ্রাম M কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে যোগ করলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে 0.2543 গ্রাম ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে। কপারের পাঃ ওজন 63.57 ধরে M এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

(*a*) এবং (*b*) এতে নির্ণীত M এর তুল্যাঙ্কের পার্থক্যের কারণ নির্দেশ কর। M এর পাঃ ওজন এবং এই ধাতুটি কি হতে পারে, সম্ভবপর হলে বল। (H. S. Comp., 1961) [উঃ (*a*) 18.6 (*b*) 27.9, পাঃ ওজন 55.8, ধাতু আয়রন]

[শেষ অংশের উত্তর : মৌলের তুল্যাঙ্কভার বিভিন্ন হওয়ার কারণ মৌলটির যোজ্যতা (*a*) এবং (*b*) এর ক্ষেত্রে পৃথক। উভয়ক্ষেত্রেই M এর পাঃ ওজন কিন্তু একই, কারণ পাঃ ওজন পরিবর্তনীয় নয়। তাহলে M এর পাঃ ওজন যদি A হয় তবে $A=18.6x=27.9y$ যেখানে, x এবং y M এর দুটি যোজ্যতা, x এবং y অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা। তাহলে, $\frac{x}{y}=\frac{27.9}{18.6}=1.5$ বা $x=1.5y$

$\therefore$ y যদি 2 হয়, তবে $x=3$, সেক্ষেত্রে পাঃ ওজন $=18.6\times3=27.9\times2=55.8$. অর্থাৎ, ধাতুটি আয়রন। (*a*) $FeCl_3+3AgNO_3=3AgCl\downarrow+Fe(NO_3)_3$. (*b*) $CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu\downarrow$]

(19) একটি ধাতুর 0.0601 গ্রাম লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে 27°C উষ্ণতায় এবং 786.74 mm. চাপে 61.55 ml. হাইড্রোজেন দেয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। (27°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=26.74 mm.)

(H. S., 1971)

ধাতব ক্লোরাইডের সংকেত যদি MCl_2 হয়, তবে ধাতু M এর পাঃ ওজন কত ?

[উঃ 12.1, 24.2]

(20) 1 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম কষ্টিক সোডা দ্রবণ (অতিরিক্ত) সহযোগে উত্তপ্ত করলে যে পরিমাণ গ্যাস পাওয়া যায় তাতে অণুর সংখ্যা কত হবে ?

(মোল সম্পর্কিত ধারনার ভিত্তিতে গণনা কর, Al=27)

(21) লঘু HCl থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করতে হবে। যে অংশাঙ্কিত নলে জলের উপর হাইড্রোজেন সংগৃহীত হবে, তাতে 50 ml. গ্যাস ধরে। পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রা 30°C এবং বায়ুর চাপ 750 mm. তাহলে সর্বোচ্চ কত পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম নেওয়া যেতে পারে? (Mg=24.3, 30°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=31.8 mm.) [উঃ 0.0483 গ্রাম]

(22) 0.109 g of a metal was dissolved in dilute acid and the hydrogen liberated was exploded with 27.84 c.c. of dry oxygen at 27°C and 760 mm. The residual hydrogen at the same temperature and pressure measured was also 27.84 c.c. Calculate the equivalent wight of the metal. (Cal. I. Sc., 1961) [উঃ 16.27]

(23) সমীকরণ না লিখে তুল্যাঙ্কের নীতি অনুসরণে বল :

(*a*) 15 গ্রাম $Al_2(SO_4)_3$ এর সাথে কত গ্রাম NaOH বিক্রিয়া করবে?

(*b*) 1 গ্রাম KCl থেকে $AgNO_3$ যোগ করে কত গ্রাম AgCl পাওয়া যাবে?

(*c*) 5 গ্রাম Na_2SO_4 থেকে কত গ্রাম $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হবে?

[Al=27, S=32, Na=23, Ag=108, Ba=137]

[Hints : বিক্রিয়া হবে তুল্যাঙ্কের অনুপাতে, প্রতিটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর, তারপর গণনা]

ষষ্ঠ অধ্যায়

অক্সাইড : আম্লিক, ক্ষারকীয়, উভধর্মী ও প্রশম অক্সাইড

অক্সিজেন এবং অপর কোন মৌলের দ্বিযৌগকে অক্সাইড বলে। অপর মৌলটি ধাতু, অধাতু বা ধাতুকল্প হতে পারে। অপর মৌলের প্রকৃতির উপর উৎপন্ন অক্সাইডের ধর্ম নির্ভরশীল। যেমন, সাধারণতঃ ধাতব অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সাথে, অধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারকের সাথে এবং ধাতুকল্পের অক্সাইডগুলি অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সাথেই বিক্রিয়া করে। আবার, একই মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থার উপরও অক্সাইডের ধর্ম নির্ভরশীল। সুতরাং ধর্মের বিভিন্নতার উপর নির্ভর করে অক্সাইডগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় :

(1) **আম্লিক অক্সাইড : এই অক্সাইডগুলি ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে, উৎপন্ন লবণের অ্যানায়নে অক্সাইডটি যে মৌলের সেই মৌলটি থাকে।** এই অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হলে জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড উৎপন্ন করে (জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস সিক্ত কাগজকে লাল করে) এই জন্য এই অক্সাইডগুলিকে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডও বলা হয়। যেমন,

$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O \; ; \; SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$$CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O \; ; \; CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

অধাতব মৌলের প্রায় সব অক্সাইডই হল আম্লিক অক্সাইড। উদাঃ, CO_2, SiO_2, P_2O_3, P_2O_5, SO_2, SO_3 ইত্যাদি। অধাতব মৌল একাধিক যোজ্যতার অবস্থায় অক্সাইড উৎপন্ন করলে নিম্নতর যোগ্যতার অবস্থায় প্রশম অক্সাইড এবং উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থায় আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন হতে পারে। যেমন, নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে N_2O, NO হল প্রশম অক্সাইড এবং N_2O_3, NO_2, N_2O_5 হল আম্লিক অক্সাইড। অধাতব মৌলের যোজ্যতা বৃদ্ধির সাথে উৎপন্ন অক্সাইড থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের তীব্রতাও বাড়ে। যেমন, সালফারের নিম্নতর যোজ্যতা অবস্থার অক্সাইড SO_2 থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিড সালফিউরাস অ্যাসিড থেকে উচ্চতর যোজ্যতা অবস্থার অক্সাইড SO_3 থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডের ($SO_3 + H_2O = H_2SO_4$) তীব্রতা বেশী। কোন কোন ধাতব মৌল উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থায় আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। যেমন, CrO_3, Mn_2O_7 ইত্যাদি। $CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$.

(2) **ক্ষারকীয় অক্সাইড: এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে; উৎপন্ন লবণের ক্যাটায়নে অক্সাইডের অপর মৌলটি থাকে।** এই অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হলে জলীয় দ্রবণে ধাতব হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) উৎপন্ন করে (জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাস সিক্ত কাগজকে নীল করে); এই জন্য এই অক্সাইডগুলিকে ক্ষারকীয় অ্যানহাইড্রাইড বলে, যেমন,

$Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$; $Na_2O+H_2O=2NaOH$

$CaO+H_2SO_4=CaSO_4+H_2O$; $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$

$BaO+2HCl=BaCl_2+H_2O$; $BaO+H_2O=Ba(OH)_2$

ধাতব মৌলের অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ ক্ষারকীয় অক্সাইড। উদাঃ, Na_2O, K_2O, CaO, MgO, FeO, PbO ইত্যাদি। কোন ধাতু একাধিক যোজ্যতার অবস্থায় অক্সাইড উৎপন্ন করলে সাধারণতঃ নিম্নতর যোজ্যতার অবস্থার অক্সাইড উচ্চতর যোজ্যতা অবস্থার অক্সাইড থেকে অপেক্ষাকৃত তীব্রতর ক্ষারক হয়। যেমন FeO, Fe_2O_3 অপেক্ষা অধিকতর তীব্র ক্ষারক। কিন্তু সবক্ষেত্রেই তা সত্য নয়। যেমন CuO, Cu_2O থেকে অধিকতর তীব্র ক্ষারক।

অনেক সময় আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে। যেমন,

$Na_2O+SO_2=Na_2SO_3$; $K_2O+CO_2=K_2CO_3$;

$CaO+SiO_2=CaSiO_3$.

(3) **উভধর্মী অক্সাইড:** এই অক্সাইডগুলি তীব্র অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় মৃদু ক্ষারকের মত ব্যবহার করে, আবার তীব্র ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়ায় মৃদু অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে। অর্থাৎ, **এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ (অক্সাইডের অপর মৌলটি লবণের ক্যাটায়নে থাকে) ও জল উৎপন্ন করে, আবার ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করেও লবণ (অক্সাইডটি যে মৌলের সেই মৌলটি লবণের অ্যানায়নে থাকে) ও জল উৎপন্ন করে।** যেমন, ZnO, Al_2O_3 ইত্যাদি।

$ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$; $Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$

(সোডিয়াম জিংকেট)

$Al_2O_3+6HCl=2AlCl_3+3H_2O$; $Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$

(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)

(4) **প্রশম অক্সাইড :** এই অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ অ্যাসিড বা ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে না, অর্থাৎ এরা অ্যাসিড বা ক্ষারক কারোর মতই ব্যবহার করে না ; জলে দ্রবীভূত হলে জলীয় দ্রবণ লিটমাসের (লাল বা নীল) রং-এর কোন পরিবর্তন ঘটায় না এবং এরা পার-অক্সাইডও নয় [যে সব অক্সাইড অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, H_2O_2 (হাইড্রোজেন স্বাভাবিক অক্সাইড জল উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় তার থেকে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে H_2O_2 গঠন করে) উৎপন্ন করে তাদের পার-অক্সাইড বলা হয়। যেমন, BaO_2, Na_2O_2 ইত্যাদি অক্সাইড অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে H_2O_2 উৎপন্ন করে :

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$
$$Na_2O_2 + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2$$

সুতরাং BaO_2 হল বেরিয়াম পার-অক্সাইড, Na_2O_2 হল সোডিয়াম পার-অক্সাইড]।

উদাহরণ : CO, NO, N_2O, H_2O ইত্যাদি।

হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিড : যে সব অ্যাসিডে ধাতু বা ধাতুর মত ব্যবহারকারী পরমাণুপুঞ্জ দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে এবং যারা জলীয় দ্রবণে H^+ (প্রোটন) উৎপন্ন করে তাদের প্রোটন-অ্যাসিড বলে। প্রোটন-অ্যাসিড দুই ধরণের হতে পারে : (1) **হাইড্রাসিড :** যে সব অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন ও অপর একটি অধাতব মৌলের পরমাণু (বা কোন যৌগমূলক) থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না তাদের বলে হাইড্রাসিড। যেমন, HCl, HBr, HF, HI, H_2S, HCN ইত্যাদি।

হাইড্রাসিডের নাম সাধারণতঃ 'হাইড্রো' দিয়ে আরম্ভ করা হয় এবং 'ইক' দিয়ে শেষ করা হয়। যেমন, HCl—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ; H_2S—হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড ; HCN—হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ; ইত্যাদি।

[প্রশ্ন 6·1 : HBr, HF, HI—এদের নাম কি হবে ?]

(2) **অক্সি-অ্যাসিড :** যে সব অ্যাসিডের অণুতে এক বা একাধিক-অক্সিজেন পরমাণু থাকে, তাদের বলে অক্সি-অ্যাসিড। এই অ্যাসিডগুলি সাধারণতঃ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং অপর একটি মৌল (যেটি সাধারণতঃ অধাতব মৌল) দিয়ে গঠিত। আম্লিক অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হলে অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3 \; ; \; SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3 \; ; \; P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

অনেকক্ষেত্রে একই অধাতব মৌল বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় বিভিন্ন অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করতে পারে ; এই অক্সি-অ্যাসিডগুলির অণুতে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা বিভিন্ন হয়। একই মৌলের যে অক্সি-অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কম থাকে তাকে বলে 'আস' অ্যাসিড এবং যে অক্সি-অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা অপেক্ষাকৃত বেশী থাকে তাকে বলে 'ইক' অ্যাসিড। যদি অক্সি-অ্যাসিডের সংখ্যা বেশী হয় তাহলে 'আস' অ্যাসিডের থেকেও কম অক্সিজেন সংখ্যা যুক্ত অ্যাসিডের নাম 'হাইপো' এবং 'ইক' অ্যাসিড থেকেও বেশী অক্সিজেন সংখ্যাযুক্ত অ্যাসডের নাম 'পার' দিয়ে আরম্ভ করা হয়।

অক্সি-অ্যাসিড	নাম	অক্সি-অ্যাসিড	নাম
(i) নাইট্রোজেন ঘটিত অক্সি-অ্যাসিড :		(ii) সালফার ঘটিত অক্সি-অ্যাসিড :	
$H_2N_2O_2$	হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড	$H_2S_2O_4$	হাইপোসাল-ফিউরিক অ্যাসিড
HNO_2	নাইট্রাস অ্যাসিড	H_2SO_3	সালফিউরাস অ্যাসিড
HNO_3	নাইট্রিক অ্যাসিড	H_2SO_4	সালফিউরিক অ্যাসিড
		$H_2S_2O_8$	পার-সালফিউরিক অ্যাসিড

[প্রশ্ন 6·2 : ক্লোরিন চারটি অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $HClO$, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$—এদের নাম কি হবে ?]

ক্ষারকীয় অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড : আগেই বলা হয়েছে সাধারণতঃ ধাতব অক্সাইডগুলি হল ক্ষারকীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হলে ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় : $MO+H_2O=M(OH)_2$ [M ধাতব মৌল, যোজ্যতা 2]

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

$$Na_2O+H_2O=2NaOH$$

সাধারণতঃ হাইড্রক্সাইডসমূহকে ধাতব অক্সাইড ও জলের যৌগ হিসাবে ধরা যেতে পারে। এইসব যৌগে ধাতব মৌলের একটি পরমাণুর সাথে (বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক, যেমন, NH_4 মূলকের সাথে) এক বা একাধিক হাইড্রক্সিলমূলক (OH) যুক্ত থাকে। যেমন, NH_4OH, $NaOH$, KOH, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ ইত্যাদি। যেসব ধাতব হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় তাদের ক্ষার বলে।

অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি ঃ প্রোটন অ্যাসিডসমূহ জলীয় দ্রবণে আয়নে বিয়োজিত হয়। (আয়নীয় বিয়োজন) ঃ

$HA = H^+ + A^-$ [A=অধাতব মৌল বা কোন যৌগমূলক, যোজ্যতা 1]

এখন এই বিয়োজন (1) সম্পূর্ণরূপে (বা প্রায় সম্পূর্ণরূপে) হতে পারে, অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে সব HA অণুই বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং A^- উৎপন্ন করে, একটিও অবিয়োজিত HA অণু থাকে না ঃ $HA \rightarrow H^+ + A^-$

বা, (2) আংশিকরূপে হতে পারে, অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে HA অংশতঃ বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং A^- উৎপন্ন করে এবং অংশতঃ অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে ঃ

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

সুতরাং, জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন H^+ আয়নের পরিমাণের উপর নির্ভর করে অ্যাসিডসমূহকে তীব্র ও মৃদু অ্যাসিড এই দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যেসব অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে H^+ উৎপন্ন করে তাদের বলে তীব্র অ্যাসিড। যেমন, HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি। এই তিনটি অ্যাসিডই জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত হয়। এইসব অ্যাসিডের 1 গ্রাম-অণু (1 মোল) যদি জলে দ্রবীভূত করা যায় তবে জলীয় দ্রবণে 1 গ্রাম-আয়ন (1 মোল) H^+ উৎপন্ন হয় ঃ

HCl →	H^+	+ Cl^-
1 গ্রাম-অণু	1 গ্রাম-আয়ন	1 গ্রাম-আয়ন
(1 মোল)	(1 মোল)	(1 মোল)

আর যে সব অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে স্বল্প মাত্রায় বিয়োজিত হয়ে স্বল্প পরিমাণে H^+ উৎপন্ন করে তাদের বলে মৃদু অ্যাসিড। যেমন, H_2CO_3 (কার্বনিক অ্যাসিড), HCN, CH_3COOH (অ্যাসেটিক অ্যাসিড) ইত্যাদি। জৈব অ্যাসিডসমূহ মৃদু অ্যাসিড। এইসব অ্যাসিডের 1 গ্রাম-অণু জলে দ্রবীভূত করলে 1 গ্রাম-আয়ন থেকে অনেক কম পরিমাণ H^+ উৎপন্ন হয়।

এখানে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন অ্যাসিডের শক্তি দ্রাবকের উপর নির্ভরশীল। যেমন, জলীয় দ্রবণে HNO_3 এইটি তীব্র অ্যাসিড কিন্তু HF দ্রবণে HNO_3 অ্যাসিড নয়, কারণ HF দ্রবণে HNO_3 বিয়োজিত হয়ে H^+ উৎপন্ন করে না।

অনুরূপভাবে যে সব ক্ষার জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে OH^- (হাইড্রক্সিল আয়ন) উৎপন্ন করে তাদের বলে তীব্র ক্ষার।

যেমন, NaOH, KOH ইত্যাদি। আর যে সব ক্ষার জলীয় দ্রবণে স্বল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে স্বল্প পরিমাণে OH^- উৎপন্ন করে তাদের বলে মৃদু ক্ষার। যেমন, NH_4OH, $Ba(OH)_2$ ইত্যাদি।

সুতরাং, দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের বিয়োজনের মাত্রার উপর অ্যাসিড বা ক্ষারের শক্তি নির্ভরশীল। আবার, অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক শক্তিরও তুলনা করা যায়। যদি (জলীয় দ্রবণে) 1 গ্রাম-অণু অ্যাসিডের আয়নীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন H^+ আয়নের পরিমাণ 1 গ্রাম-অণু ক্ষারের আয়নীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন OH^- আয়নের পরিমাণের থেকে (i) বেশী হয়, তবে বলা হয় অ্যাসিডের আম্লিক শক্তি ক্ষারের ক্ষারীয় শক্তির তুলনায় অধিক (ii) কম হয়, তবে বলা হয় ক্ষারের ক্ষারীয় শক্তি অ্যাসিডের আম্লিক শক্তির তুলনায় অধিক।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা ও ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা :

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা : কোন অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা সেই অ্যাসিডের ক্ষারককে প্রশমিত করার ক্ষমতা প্রকাশ করে। কোন অ্যাসিডের এক অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা হল সেই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 1; এদের বলে একক্ষারীয় অ্যাসিড। এই অ্যাসিডগুলির একটি অণুতে একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং দ্রবণে 1 অণু অ্যাসিড একটি H^+ উৎপন্ন করে। অনুরূপভাবে, H_2SO_4, H_2CO_3 ইত্যাদি অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 2 (দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড); H_3PO_4 (ফসফোরিক অ্যাসিড) এর ক্ষারগ্রাহিতা 3 (ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড); ইত্যাদি।

শুধু সংকেত থেকে কোন অ্যাসিডের (অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যাসিড ব্যতীত) ক্ষারগ্রাহিতা বলা যায় না। মনে রাখতে হবে কোন অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা সেই অ্যাসিডের 1 অণুতে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর নির্ভর করে না, অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর (জলীয় দ্রবণে এক অণু থেকে উৎপন্ন H^+ এর সংখ্যার উপর) নির্ভর করে। যেমন, হাইপোফসফরাস অ্যাসিডের (H_3PO_2) অণুতে 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেও জলীয় দ্রবণে 1 অণু অ্যাসিড থেকে 1টি H^+ উৎপন্ন হয়: $H_3PO_2 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_2^-$; সুতরাং H_3PO_2 এর ক্ষারগ্রাহিতা এক।

[6·3: HCOOH, HBr, HI, H_2SO_3 ও অক্সালিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা কত ?]

ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা: ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমনের ক্ষমতা প্রকাশ করে। **এক অণু কোন ক্ষারক প্রশমিত করতে একক্ষারীয় অ্যাসিডের যত সংখ্যক অণু প্রয়োজন সেই সংখ্যাই হল সেই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা**। ক্ষারের ক্ষেত্রে, কোন ক্ষারের এক অণু দ্রবণে যত সংখ্যক OH^- উৎপন্ন করে সেই সংখ্যা দিয়েও সেই ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা পরিমাপ করা যায়। ক্ষারক অক্সাইড হলে এর অম্লগ্রাহিতা অক্সিজেন পরমাণু সংখ্যার দ্বিগুণ। উদা: (1) 1 অণু NaOH বা KOH জলীয় দ্রবণে 1টি OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। আবার, এই ক্ষারগুলির 1 অণুকে প্রশমিত করতে একক্ষারীয় অ্যাসিড HCl এর 1 অণু প্রয়োজন: $MOH+HCl=MCl+H_2O$ [M=Na বা K]

সুতরাং, এদের অম্লগ্রাহিতা 1; এরা হল একাম্লিক ক্ষারক।

(2) 1 অণু CaO প্রশমিত করতে একক্ষারীয় অ্যাসিড HCl এর 2টি অণু আবশ্যক: $CaO+2HCl=CaCl_2+H_2O$; সুতরাং CaO এর অম্লগ্রাহিতা 2 (দ্বি-আম্লিক ক্ষারক)।

[প্রশ্ন 6·4: (i) ZnO, Al_2O_3, Fe_2O_3, $Bi(OH)_3$, $Al(OH)_3$—এই ক্ষারকগুলির সাথে HCl এর প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে এদের অম্লগ্রাহিতা বার কর। (ii) CH_3COOH এ 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকা সত্ত্বেও এর ক্ষারগ্রাহিতা 1 কেন ?]

লবণ: শমিত লবণ, অম্ল-লবণ ও ক্ষারকীয়-লবণ: অ্যাসিডের সাথে ক্ষারকের বিক্রিয়ায় জল ও অপর একটি যৌগ উৎপন্ন হয়; এই অপর যৌগটিকে লবণ বলে। যেমন, $KOH+HCl=KCl+H_2O$ এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ KCl (পটাসিয়াম ক্লোরাইড) একটি লবণ।

উপরের বিক্রিয়া থেকে এটা স্পষ্ট যে KCl এর একটি অংশ (K) ক্ষারক থেকে এবং অপর অংশ (Cl) অ্যাসিড থেকে সঞ্জাত।

লবণের তাহলে দুটি অংশ: (1) ক্ষারক থেকে সঞ্জাত অংশ—একে বলে ক্ষারকীয় অংশ। (2) অ্যাসিড থেকে সঞ্জাত অংশ—একে বলে আম্লিক অংশ। প্রকৃতপক্ষে, **অ্যাসিডের সাথে ক্ষারকের বিক্রিয়ায়** (পরে প্রশমন বিক্রিয়া দেখ) **ক্ষারকের পরা-বিদ্যুৎবাহী অংশ অ্যাসিডের অপরা-**

বিদ্যুৎবাহী অংশের সাথে মিলে যে পদার্থ উৎপন্ন করে তাকে লবণ বলে : $B^+ + OH^- + H^+ + A^- = B^+A^- + H_2O$

[BOH একটি ক্ষারক, HA একটি অ্যাসিড, BA একটি লবণ ; B^+ হল লবণের ক্ষারকীয় মূলক এবং A^- লবণের আম্লিকমূলক]

অন্যভাবে বলা যায়, কোন অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর ধাতু বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন যৌগকে লবণ বলে। অ্যাসিডের অণুতে একাধিক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলে এরা সম্পূর্ণভাবে বা আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হতে পারে এবং এর ফলে বিভিন্ন ধরণের লবণ উৎপন্ন হতে পারে।

লবণসমূহকে নিম্নের কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায় :

(1) **শমিত লবণ :** কোন অ্যাসিডের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক (যেমন, NH_4) দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাকে শমিত লবণ বা পূর্ণ লবণ বলে। যেমন, NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, $ZnSO_4$, $(NH_4)_3PO_4$ ইত্যাদি। সুতরাং, শমিত লবণ ধাতব পরমাণু (বা ধাতু সদৃশ যৌগমূলক) এবং অধাতব পরমাণু বা যৌগমূলক দিয়ে গঠিত এবং শমিত লবণের অণুতে (অ্যাসিড থেকে প্রাপ্ত) কোন প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বা (ক্ষারক থেকে প্রাপ্ত) অক্সিজেন বা হাইড্রক্সিল-মূলক থাকে না। একক্ষারীয় অ্যাসিড থেকে কেবল শমিত লবণ পাওয়া সম্ভব। তুল্য পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় শমিত লবণ উৎপন্ন হয়।

(2) **অম্ল-লবণ :** কোন বহুক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা আংশিক-ভাবে প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অম্ল-লবণ বা বাই-লবণ বলে। এই লবণগুলির অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু উপস্থিত থাকে (জলীয় দ্রবণে H^+ উৎপন্ন করে) এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুর ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে শমিত লবণ পাওয়া সম্ভব। যেমন,

$$NaOH + H_2SO_4 = \underset{\text{অম্ল-লবণ}}{NaHSO_4} + H_2O$$

$$\underset{\text{অম্ল-লবণ}}{NaHSO_4} + NaOH = \underset{\text{শমিত লবণ}}{Na_2SO_4} + H_2O$$

কোন বহুক্ষারীয় অ্যাসিডের সাথে তুল্যপরিমাণ অপেক্ষা কম পরিমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়ায় অর্থাৎ, যে পরিমাণ ক্ষারক বহুক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুর সমস্ত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতে পারে তার থেকে কম পরিমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়ায় অম্ল-লবণ উৎপন্ন হয়। উদাঃ, $NaHSO_4$, $NaHCO_3$, Na_2HPO_4 ইত্যাদি।

(3) **ক্ষারকীয়-লবণঃ** অনেক ক্ষেত্রে কোন অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে শমিত লবণ উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ ক্ষারক প্রয়োজন তার থেকে বেশী পরিমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়। কোন বহু অম্লগ্রাহী ক্ষারকের অ্যাসিড দ্বারা আংশিক প্রশমনের ফলেও ক্ষারকীয় লবণ উৎপন্ন হয় বলে ধরা যেতে পারে। যেমন,

$$Pb(OH)_2 + HCl = Pb(OH)Cl + H_2O$$

ক্ষারকীয় লেড ক্লোরাইড

অর্থাৎ, ক্ষার অণুর OH মূলক আংশিকভাবে অ্যাসিডমূলক (উপরের উদাহরণে Cl) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ক্ষারকীয় লবণকে ক্ষারক ও শমিত লবণের মিশ্রণ হিসাবে ধরা যায়। $2Pb(OH)Cl \rightarrow Pb(OH)_2, PbCl_2$

এরা জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

অন্ম উদাহরণ: $Pb(OH)_2$, $Pb(NO_3)_2$, $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ ইত্যাদি।

লবণের নামকরণ: হাইড্রাসিডের লবণের নাম 'আইড' এবং অক্সি-অ্যাসিডের ক্ষেত্রে 'আস' অ্যাসিডের লবণের নাম 'আইট' এবং 'ইক' অ্যাসিডের লবণের নাম 'য়েট' দিয়ে শেষ করা হয়। লবণের ধাতব অংশ যদি একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন হয় তবে নিম্নতর যোজ্যতার ক্ষেত্রে 'আস' এবং উচ্চতর যোজ্যতার ক্ষেত্রে 'ইক' ব্যবহার করা হয়।

যেমন, NaCl এর নাম সোডিয়াম ক্লোরাইড, $FeSO_4$ এর নাম ফেরাস সালফেট, $Fe_2(SO_4)_3$ এর নাম ফেরিক সালফেট, Na_2SO_3 এর নাম সোডিয়াম সালফাইট ইত্যাদি।

[প্রশ্ন 6·5: $PbCl_2$, Na_2CO_3, $CuCl_2$, $HgCl_2$, KNO_2, KNO_3, $FeCl_2$, $FeCl_3$ এই লবণগুলির নাম কি হবে?]

লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ: সোডিয়াম ক্লোরাইড, ফেরিক ক্লোরাইড, সোডিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3COONa) এবং অ্যামোনিয়াম ফরমেট ($HCOONH_4$) এই চারটি শমিত লবণকে চারটি পৃথক পরীক্ষানলে নিয়ে পৃথকভাবে জলে দ্রবীভূত করা হল এবং প্রতিটি দ্রবণকে নীল এবং লাল লিটমাস সিক্ত কাগজ দিয়ে পরীক্ষা করা হল।

দেখা গেল, সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ কোন লিটমাস কাগজের বর্ণেরই কোন পরিবর্তন ঘটায় না, অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রশম দ্রবণ ; ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজ লাল করে দেয়, অর্থাৎ এই দ্রবণ আম্লিক ; সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাস কাগজ নীল করে দেয়, অর্থাৎ এই দ্রবণ ক্ষারীয় ; অ্যামোনিয়াম ফরমেটের জলীয় দ্রবণও মৃদু আম্লিক হয়। তাহলে দেখা যাচ্ছে বিভিন্ন শমিত লবণের জলীয় দ্রবণের ধর্ম বিভিন্ন। অর্থাৎ অনেক শমিত লবণ ও (সব নয়—পরে দেখ) জলের সাথে বিক্রিয়া করিতে পারে। জলের সাথে বিক্রিয়ার ফলে লবণের বিযোজনের ঘটনাকে লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে। এই বিক্রিয়া উভমুখী। অর্থাৎ, **জলের সাথে লবণের উভমুখী বিক্রিয়ায় লবণের বিযোজনের ফলে উৎপন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারকের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে জলীয় দ্রবণের আম্লিক বা ক্ষারকীয় হওয়ার ঘটনাকে লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে।** আর্দ্র-বিশ্লেষণে লবণের আয়নের সাথে জলের আয়নের ক্রিয়া ঘটে। এখন দেখা যাক কিভাবে শমিত লবণগুলি জলের সাথে বিক্রিয়া করে। শমিত লবণগুলিকে আমরা চারভাগে ভাগ করতে পারি :

(1) **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকসঞ্জাত লবণ।** যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড—তীব্র অ্যাসিড HCl এবং তীব্র ক্ষারক $NaOH$ থেকে উৎপন্ন।

(2) **তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারকসঞ্জাত লবণ।** যেমন, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—তীব্র অ্যাসিড HCl এবং মৃদু ক্ষারক NH_4OH থেকে উৎপন্ন।

(3) **মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ।** যেমন, সোডিয়াম অ্যাসিটেট—মৃদু অ্যাসিড অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) এবং তীব্র ক্ষারক $NaOH$ থেকে উৎপন্ন।

(4) **মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ।** যেমন, অ্যামোনিয়াম ফরমেট—মৃদু অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিড ($HCOOH$) এবং মৃদু ক্ষারক NH_4OH থেকে উৎপন্ন।

[প্রশ্ন 6·6 : নিম্নের শমিত লবণগুলি কি ধরণের ? তারা যে অ্যাসিড ও যে ক্ষারক থেকে উৎপন্ন হয়েছে তাদের নাম লেখ : KCl, $FeCl_3$, Na_2CO_3, CH_3COONH_4, Na_2SO_4, NH_4NO_3 ।]

লবণসমূহ তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য—সুতরাং এরা জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। তীব্র আসিড ও তীব্র ক্ষারকও তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—এরাও জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। কিন্তু মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু

ক্ষারক মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য—এরা জলীয় দ্রবণে স্বল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়। জলও খুব সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে থাকে, অর্থাৎ বিশুদ্ধ জলেও খুব স্বল্প পরিমাণে H^+ এবং OH^- থাকে (বিশুদ্ধ জলে 25° সে. উষ্ণতায় H^+ এবং OH^- আয়নের পরিমাণ সমান এবং এই মান হল 10^{-7} মোল/লিটার)।

এখন (1) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ, ধরা যাক, NaClকে জলে দ্রবীভূত করলে NaCl জলে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে Na^+ এবং Cl^- উৎপন্ন করে। এখন, Na^+ জলের H^+ আয়নের সাথে যুক্ত হতে পারে না (সদৃশ আধানযুক্ত সুতরাং বিকর্ষণ হয়), আবার OH^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়েও অবিয়োজিত NaOH উৎপন্ন করতে পারে না—কারণ, NaOH তীব্র ক্ষার জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। অনুরূপভাবে, Cl^-আয়নও H^+ বা OH^- আয়নের সাথে যুক্ত হতে পারে না। সুতরাং, জলীয় দ্রবণে H^+ ও OH^- আয়নের পরিমাণ সমান থাকে এবং জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়। **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না এবং এদের জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়।**

(2) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণকে জল অংশতঃ বিযোজিত করে দেয় এবং জলীয় দ্রবণে তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া উভমুখী। যেমন, $FeCl_3$ জলীয় দ্রবণে অংশতঃ বিযোজিত হয়ে $Fe(OH)_3$ (মৃদু ক্ষার) ও HCl (তীব্র অ্যাসিড) উৎপন্ন করে :

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

জলীয় দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারকত্ব দ্রবণে উৎপন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে। এখানে জলীয় দ্রবণে তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার উৎপন্ন হওয়ায় দ্রবণ আম্লিক হয়। সুতরাং, **তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে আম্লিক দ্রবণ উৎপন্ন করে।**

(3) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলে অংশতঃ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার উৎপন্ন করে। সুতরাং জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয় হয়। যেমন, সোডিয়াম অ্যাসিটেট জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (তীব্র ক্ষার) ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড (মৃদু অ্যাসিড) উৎপন্ন করে :

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NaOH$$

সুতরাং, সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয় হয়। **মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে ক্ষারকীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে।**

(4) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার উৎপন্ন করে। দ্রবণের ধর্ম উৎপন্ন মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে। তুলনামূলকভাবে উভয়ে সমান শক্তির হলে দ্রবণ প্রশম, মৃদু অ্যাসিডের শক্তি বেশী হলে দ্রবণ আম্লিক এবং মৃদু ক্ষারের শক্তি বেশী হলে দ্রবণ ক্ষারকীয় হয়। যেমন, অ্যামোনিয়াম ফরমেট জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে ফরমিক অ্যাসিড ও NH_4OH উৎপন্ন করে :

$$HCOONH_4 + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + NH_4OH$$

ফরমিক অ্যাসিডের অম্লত্ব NH_4OH এর ক্ষারকের তুলনায় সামান্য বেশী হওয়ায় দ্রবণ মৃদু আম্লিক হয়। আবার, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন NH_4OH ও CH_3COOH প্রায় সমান শক্তির হওয়ায় জলীয় দ্রবণ প্রায় প্রশম হয় :

$$CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH$$

যে সব প্রশম লবণ জলে দ্রবীভূত হয় না, তারা আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয় না। যেমন, সিলভার ক্লোরাইড।

[প্রশ্ন 6·7 : (i) $NaCN$, Na_2CO_3 ও $NaNH_2$ জলে পৃথকভাবে দ্রবীভূত করলে জলীয় দ্রবণগুলি আম্লিক, ক্ষারকীয় না প্রশম হয়? ব্যাখ্যা কর। (ii) NH_4Cl, $CuSO_4$ ও $ZnCl_2$ এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক কেন?]

অম্ল লবণের জলীয় দ্রবণের ধর্ম অম্ল-লবণ জল দ্বারা আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় কি না তার উপর নির্ভর করে। যেমন, সোডিয়াম বাইসালফেট জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে Na^+, H^+ এবং SO_4'' উৎপন্ন করে এবং এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয় :

$$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + HSO_4' \quad ; \quad HSO_4' \rightleftharpoons H^+ + SO_4''$$

কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেট জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় :

$$NaHCO_3 + H_2O \rightleftharpoons NaOH + H_2CO_3$$

এবং জলীয় দ্রবণ মৃদু ক্ষারধর্মী হয়।

সুতরাং, অম্ল-লবণে যদিও লবণ ও অ্যাসিড উভয়ের ধর্মই বর্তমান—ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে শমিত লবণ উৎপন্ন করার ক্ষমতা শেষোক্ত ধর্মের প্রমাণ—জলীয় দ্রবণ সবসময়ই অ্যাসিডধর্মী হয় না।

অম্ল, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার : তুল্যাঙ্কভার সম্বন্ধে আলোচনা প্রসঙ্গে আগেই বলা হয়েছে যে, কোন পদার্থের তুল্যাঙ্কভার তার রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। যেমন, ফসফোরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) সাথে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়া তিনভাবে হতে পারে এবং এই তিনটি বিক্রিয়ায় একই পদার্থ ফসফোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার বিভিন্ন :

(i) $H_3PO_4+NaOH=NaH_2PO_4+H_2O$ ......(6·1)

(ii) $H_3PO_4+2NaOH=Na_2HPO_4+2H_2O$ ...... 6·2)

(iii) $H_3PO_4+3NaOH=Na_3PO_4+3H_2O$ ......(6·3)

প্রশমন বিক্রিয়া : অম্ল ও ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার : কোন অম্ল বা ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার জানতে হলে কোন্ প্রশমন বিক্রিয়ায় সেই অম্ল বা ক্ষারক অংশ গ্রহণ করছে তা জানতে হবে। যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ অম্ল ও ক্ষারক পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে। প্রকৃতপক্ষে, প্রশমন বিক্রিয়ায় অম্লের আয়নীয় হাইড্রোজেনের সাথে ক্ষারের আয়নীয় হাইড্রক্সিলের সংযোগের ফলে জল উৎপন্ন হয় :

$$HA+BOH=BA+H_2O$$

অম্ল ক্ষার লবণ জল

$$H^++A^-+B^++OH^-=B^+=B^+A^-+H_2O$$

অম্লের তুল্যাঙ্কভার : কোন অম্লের যত তৌলিকভাগে 1·008 তৌলিকভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন উপস্থিত তৌলিকভাগ প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই অম্লের তুল্যাঙ্কভার বলে।

অর্থাৎ, অম্লের তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{\text{অম্লের আণবিক ওজন}}{\text{অম্লের অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}$।

এক ক্ষারীয় অম্লের (যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের) ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্কভার আণবিক ওজনের সমান। দ্বিক্ষারীয় ও ত্রিক্ষারীয় অম্লের ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্কভার হল যথাক্রমে $\frac{1}{2}$ আণবিক ওজন ও $\frac{1}{3}$ আণবিক ওজন। অর্থাৎ, অম্লের তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{\text{অম্লের আণবিক ওজন}}{\text{অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

এক্ষেত্রে মনে রাখতে হবে, একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত অম্লের সংকেত থেকেই অম্লের তুল্যাঙ্কভার বলা যায় না, অম্লের তুল্যাঙ্কভার নির্দিষ্ট প্রশমন বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। যেমন, জলীয় দ্রবণে ফসফোরিক অ্যাসিড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের

সাথে তিনভাবে বিক্রিয়া করতে পারে [উপরের (6·1), (6·2) ও (6·3) সমীকরণ দেখ] এবং তিনটি বিক্রিয়ায় H_3PO_4 এর যথাক্রমে 1টি, 2টি ও 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় এবং ফসফোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে আণবিক ওজনের সমান ($\frac{98}{1}=98$), অর্ধেক (98/2=49) ও এক তৃতীয়াংশ (98/3=32·67) হয়।

ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার ঃ কোন ক্ষারকের যত তৌলিকভাগ এক তুল্যাঙ্কভার অম্লকে ঠিক সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে পারে তৌলিকভাগ প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার বলে। ক্ষারের ক্ষেত্রে, কোন ক্ষারের যত তৌলিক ভাগে 17·008 তৌলিক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিল (OH) মূলক উপস্থিত তৌলিক ভাগ প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার বলে।

$$\text{ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ক্ষারের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় OH মূলকের সংখ্যা}}$$

ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা ক্ষারের এক অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিল মূলকের (আয়নিত হতে পারে এমন OH মূলকের) সংখ্যা নির্দেশ করে।

$$\text{সুতরাং, ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ক্ষারের আণবিক ওজন}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}}$$

কিন্তু এক্ষেত্রেও মনে রাখতে হবে যে, ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা এবং সেইজন্য তুল্যাঙ্কভার ক্ষারের নির্দিষ্ট প্রশমন বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে—অর্থাৎ একাম্লগ্রাহী ক্ষার ছাড়া অন্যক্ষেত্রে শুধু সংকেত থেকেই তুল্যাঙ্কভার নির্দেশ করা যায় না।

উদাহরণ : (1) NaOH এর অম্লগ্রাহিতা এক ;

$$\text{সুতরাং তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{1} = 40$$

(2) CaO ও HCl এর বিক্রিয়ায় : $CaO+2HCl=CaCl_2+H_2O$

2 তুল্যাঙ্ক HCl এক অণু CaO কে প্রশমিত করে।

$$\text{সুতরাং CaO এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{56}{2} \text{ বা } 28$$

(3) $Mg(OH)_2$ এর এক অণুতে দুটি হাইড্রক্সিলমূলক উপস্থিত ; কিন্তু $Mg(OH)_2+HCl=Mg(OH)Cl+H_2O$ এই বিক্রিয়ায় $Mg(OH)_2$ এর

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{1} = 58$$

কোন পদার্থের তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে প্রকাশ করলে সেই পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার হল 36·5; সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক হল 36·5 গ্রাম।

অথবা, সাধারণভাবে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হল সেই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের যত গ্রাম রাসায়নিকভাবে 1 গ্রাম-পরমাণু (বা এক গ্রাম-আয়ন) হাইড্রোজেনের সাথে তুল্য। রাসায়নিকভাবে—

17·008 গ্রাম হাইড্রক্সিল ≡ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন।

সুতরাং, অম্লের যতগ্রাম ওজনে 1·008 গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে (প্রশমন বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল) তাকে অম্লের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে; এবং ক্ষারকের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অম্লকে ঠিক সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে পারে তাকে ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। প্রশমন বিক্রিয়ায় 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অম্ল 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে। সুতরাং, প্রশম বিন্দুতে অম্লের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা।

লবণের তুল্যাঙ্কভার : কোন লবণের যত তৌলিক ভাগে বিক্রিয়াশীল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের এক তুল্যাঙ্কভার উপস্থিত তৌলিক ভাগ প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই লবণের তুল্যাঙ্কভার বলে।

এখন, 1 গ্রাম-পরমাণু একযোজী ক্যাটায়ন ≡ 1·008 গ্রা. হাইড্রোজেন।

$$\text{সুতরাং, কোন ক্যাটায়নের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন বা, মূলকের সাংকেতিক ওজন}}{\text{যোজ্যতা}}\text{।}$$

তাহলে, লবণের আণবিক ওজনকে লবণের এক অণুতে উপস্থিত বিক্রিয়াশীল আয়নের মোট যোজ্যতা দিয়ে ভাগ করলে লবণের তুল্যাঙ্কভার পাওয়া যায়।

$$\text{লবণের তুল্যাঙ্কভার (E)} = \frac{\text{লবণের আণবিক ওজন (M)}}{\text{বিক্রিয়াশীল আয়নের মোট যোজ্যতা (n)}}\text{।}$$

উদাহরণ : (1) ফেরাস সালফেটের সাথে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় ফেরাস হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$$

এই বিক্রিয়ার $FeSO_4$ এ উপস্থিত বিক্রিয়াশীল Fe^{++} আয়নের যোজ্যতা 2; সুতরাং $FeSO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{152}{2} = 76$ এবং $FeSO_4$ এর

গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হল 76 গ্রাম। অন্যভাবে, $FeSO_4$ এর 152 ভাগে (আণবিক ওজনে) বিক্রিয়াশীল ক্যাটায়ন Fe^{++} এর 56 ভাগ উপস্থিত আছে। Fe^{++} এর তুল্যাঙ্কভার 23।

স্বতরাং, 23 ভাগ Fe^{++} আছে $\frac{152 \times 23}{56}$, বা 76 ভাগ $FeSO_4$-এ। স্বতরাং $FeSO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার 76।

(2) $Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Fe(OH)_3 + 3Na_2SO_4$

এই বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফেটে বিক্রিয়াশীল Fe^{+++} আয়নের মোট যোজ্যতা 6; স্বতরাং $Fe_2(SO_4)_3$এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{6}$।

(3) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে ($AlCl_3$) Al^{+++} আয়নের যোজ্যতা 3; স্বতরাং, তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{3}$।

প্রমাণ দ্রবণ : নরমাল (তুল্য), মোলার (আণবিক) এবং ফরমাল দ্রবণ।

যে দ্রবণের শক্তি (বা মাত্রা) জানা, অর্থাৎ, দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে কতটা দ্রাব দ্রবীভূত আছে জানা, সেই দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন, যদি জানা থাকে সোডিয়াম কার্বনেটের একটি দ্রবণে প্রতি 1 মিলিলিটার দ্রবণে 0·053 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত আছে, তবে সোডিয়াম কার্বনেটের এই দ্রবণ হল প্রমাণ দ্রবণ। 5% KOH দ্রবণও একটি প্রমাণ দ্রবণ। আবার, 0·1N NaOH বা 5M NaCl দ্রবণ দুটিও প্রমাণ দ্রবণ (নীচে দ্রষ্টব্য)।

দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা প্রকাশের দুটি প্রয়োজনীয় পদ্ধতি হল : (1) **নরমালিটি** (তুল্যাঙ্কমাত্রা) (2) **মোলারিটি** (আণব মাত্রা)।

নরমাল দ্রবণ ও নরমালিটি (তুল্য দ্রবণ ও তুল্যাঙ্কমাত্রা) : যদি প্রতি 1000 মিলিলিটার কোন দ্রবণে দ্রাবের 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণকে সেই দ্রাবের নরমাল দ্রবণ বলে। 1000 মিলি দ্রবণে দ্রাবের যত গ্রামতুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে সেই দ্রবণের **নরমালিটি** বলে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রামতুল্যাঙ্ক 36·5 গ্রা.; হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নরমাল দ্রবণ বলতে বোঝায় 1000 মিলি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে 36·5 গ্রা. HCl আছে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নরমালিটি 12—এর অর্থ হল 1000 মিলি. গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে 12 গ্রামতুল্যাঙ্ক অর্থাৎ, $12 \times 36·5$ গ্রা. বা 438 গ্রা. HCl আছে। দ্রবণের প্রতি 1000 মিলি.তে দ্রাবের এক গ্রামতুল্যাঙ্ক না

থেকে যদি x গ্রামতুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে (x হল গ্রামতুল্যাঙ্কের ভগ্নাংশ বা গুণিতক) তবে সেই দ্রবণের মাত্রা xN হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

কোন দ্রাবের নরমাল দ্রবণকে N এর পরে দ্রাবের সংকেত লিখে প্রকাশ করা হয়। নীচের ছকে বিষয়টি বোঝানো হল :

দ্রাবের তুল্যাঙ্কভার = M

1000 মিলি-তে দ্রাবের পরিমাণ	দ্রবণের মাত্রা: নাম	দ্রবণের মাত্রা: সংকেত
(1) 1 গ্রামতুল্যাঙ্ক বা M গ্রা.	নরমাল দ্রবণ	N
(2) $\frac{1}{10}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক বা $\frac{M}{10}$ গ্রা.	ডেসি নরমাল বা এক দশমাংশ তুল্য দ্রবণ	$\frac{N}{10}$ বা 0·1N
(3) $\frac{1}{100}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক বা $\frac{M}{100}$ গ্রা.	সেণ্টি-নরমাল বা এক শতাংশ তুল্য দ্রবণ	$\frac{N}{100}$ বা 0·01N
(4) $\frac{1}{2}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক বা $\frac{M}{2}$ গ্রা.	অর্দ্ধ নরমাল দ্রবণ	$\frac{N}{2}$ বা 0·5N
(5) $\frac{1}{5}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক বা $\frac{M}{5}$ গ্রা.	এক পঞ্চমাংশ নরমাল দ্রবণ	$\frac{N}{5}$ বা 0·2N
(6) 2 গ্রামতুল্যাঙ্ক বা 2 M গ্রা.	দ্বিগুণ নরমাল দ্রবণ	2N
(7) 10 গ্রামতুল্যাঙ্ক বা 10 M গ্রা.	দশগুণ নরমাল দ্রবণ	10 N

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তুল্যাঙ্কভার 40 ; সুতরাং NaOH-এর গ্রামতুল্যাঙ্ক হল 40 গ্রা.। সুতরাং NaOH-এর নরমাল, ডেসি নরমাল ও সেণ্টি নরমাল দ্রবণে প্রতি 1000 মিলি দ্রবণে যথাক্রমে 1 গ্রামতুল্যাঙ্ক (40 গ্রা.) $\frac{1}{10}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক (4 গ্রা.) ও $\frac{1}{100}$ গ্রামতুল্যাঙ্ক (0·4 গ্রা.) NaOH দ্রবীভূত থাকে।

[প্রশ্ন 6·8 : (1) গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণের নরমালিটি 36 বলতে কি বুঝায়?

(2) Na_2CO_3 এর তুল্যাঙ্কভার 53 ; নরমাল, 0·1N, 0·01N, 0·001N ও 5N Na_2CO_3 দ্রবণে প্রতি লিটারে কত গ্রাম Na_2CO_3 আছে? (3) 5%, 2·5%, 8%, 12% KOH দ্রবণের প্রতি 1000 মিলি দ্রবণে কত গ্রামতুল্যাঙ্ক KOH আছে? দ্রবণগুলির নরমালিটি কত?]

এখন কোন দ্রাবের (গ্রামতুল্যাঙ্ক M গ্রা.)

1000 মিলি. N/10 দ্রবণে আছে $\frac{M}{10}$ গ্রাম দ্রাব।

আবার, 100 মিলি. N দ্রবণে আছে $\frac{M}{10}$ গ্রাম দ্রাব।

সুতরাং, 1000 মিলি. N/10 দ্রবণ = 100 মিলি. N দ্রবণ।

বা, x মিলি. yN দ্রবণ = xy মিলি. N দ্রবণ।

মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি (আণব দ্রবণ ও আণব মাত্রা):

কোন দ্রবণের প্রতি 1000 মিলিলিটারে যদি দ্রাবের 1 গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণকে সেই দ্রাবের আণবিক দ্রবণ বা মোলার দ্রবণ বলে। 1000 মিলি. দ্রবণে দ্রাবের যত গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে সেই দ্রবণের **মোলারিটি** বা **আণব মাত্রা** বলে। যেমন, $FeSO_4$ এর আণবিক ওজন 152—1 গ্রাম-অণু হল 152 গ্রাম। $FeSO_4$ এর আণবিক দ্রবণ বলতে বোঝায় 1000 মিলিলিটার $FeSO_4$ দ্রবণে 152 গ্রা. $FeSO_4$ আছে। যে সব পদার্থের ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্কভার ও আণবিক ওজন একই, অর্থাৎ, গ্রামতুল্যাঙ্ক = গ্রাম-অণু, সে সব ক্ষেত্রে নরমাল দ্রবণ এবং মোলার দ্রবণে কোন পার্থক্য নাই। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে গ্রামতুল্যাঙ্ক = গ্রাম-অণু = 36.5 গ্রাম। সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1N দ্রবণ ≡ 1M দ্রবণ (1M দ্রবণ = 1 মোলার দ্রবণ)

কিন্তু H_2SO_4 এর গ্রাম অণু = 98 গ্রাম এবং গ্রামতুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম। এক্ষেত্রে, H_2SO_4 এর 1N দ্রবণে প্রতি 1000 মিলিলিটারে থাকে 49 গ্রাম H_2SO_4, কিন্তু 1 M দ্রবণে প্রতি 1000 মিলি.তে থাকে 98 গ্রাম H_2SO_4। সুতরাং, এক্ষেত্রে নরমাল দ্রবণ ও মোলার দ্রবণ এক হবে না। যদি প্রতি 1000 মিলি. দ্রবণে কোন দ্রাবের x ভগ্নাংশ গ্রাম-অণু বা x গুণিতক গ্রাম-অণু উপস্থিত থাকে তবে সেই দ্রবণকে xM দ্রবণ বলা হয়। যেমন, 1000 মিলি. H_2SO_4 এর বিভিন্ন দ্রবণে যদি যথাক্রমে 98 গ্রা., 9.8 গ্রা., 0.98 গ্রা. এবং 2×98 গ্রা. H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকে তবে দ্রবণগুলির মাত্রা হবে যথাক্রমে 1M, 0.1M, 0.01M এবং 2M।

x মিলি. yM দ্রবণ ≡ xy মিলি. 1M দ্রবণ

ফরমাল দ্রবণ ও ফরমালিটি (সাংকেতিক দ্রবণ ও সাংকেতিক মাত্রা):

সোডিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি আয়নিত পদার্থের ক্ষেত্রে পৃথক অণুর (যেমন NaCl অণুর) অস্তিত্ব নাই এবং এইসব পদার্থের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে ফরমুলা ওজন বা ফরমাল ওজন কথাটি ব্যবহারই বাঞ্ছনীয়। সুতরাং এই সব পদার্থের দ্রবণের মাত্রাও আণবিক দ্রবণের পরিবর্তে ফরমাল দ্রবণ হিসাবে প্রকাশই যুক্তি সঙ্গত।

প্রতি 1000 মিলিলিটার কোন দ্রবণে যদি দ্রাবের 1 গ্রাম সাংকেতিক ওজন দ্রবীভূত থাকে, তবে সেই দ্রবণকে সেই দ্রাবের ফরমাল দ্রবণ বা সাংকেতিক দ্রবণ বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাংকেতিক ওজন

হল 58·5 ; তাহলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ফরমাল দ্রবণ বলতে বোঝায় 1000 মিলি. সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে 58·5 গ্রা. সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। যদি দ্রাবের গ্রাম-ফরমুলা ওজনের x ভগ্নাংশ বা x গুণিতক 1 লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে তবে দ্রবণের মাত্রা হয় xF। কোন দ্রবণের ফরমালিটি (বা সাংকেতিক মাত্রা) বলতে সেই দ্রবণের 1 লিটারে যত গ্রাম-ফরমুলা ওজন দ্রবীভূত আছে সেই সংখ্যা বোঝায়।

অম্লমিতি-ক্ষারমিতি :

অম্ল ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া সম্পূর্ণরূপে অতি কম সময়ে সংঘটিত হয়। এখন, একথা মনে রাখতে হবে নির্দিষ্ট পরিমাণ অম্লের সাথে নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষার সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে (অম্ল ও ক্ষার পরস্পর তুল্যাঙ্কের অনুপাতে বিক্রিয়া করে)। যদি কোন অম্ল দ্রবণ প্রশমিত করতে যতটা ক্ষার দ্রবণের প্রয়োজন ততটা ক্ষার দ্রবণ যোগ করা হয়, তবেই দ্রবণে অতিরিক্ত অম্ল বা ক্ষার অবশিষ্ট থাকে না, শুধু লবণ ও জল থাকে (অবশ্য উৎপন্ন লবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত হতে পারে)। যদি অম্ল দ্রবণ প্রশমিত করতে যতটা ক্ষার দ্রবণের প্রয়োজন তার থেকে বেশী ক্ষার দ্রবণ যোগ করা হয় তবে সম্পূর্ণ অম্ল প্রশমিত হয়ে লবণ ও জল উৎপন্ন হয় এবং অতিরিক্ত ক্ষারটুকু দ্রবণে অবশিষ্ট থাকে। অনুরূপভাবে, যদি মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের পরিমাণ অম্ল দ্রবণকে প্রশমিত করার পক্ষে যথেষ্ট না হয় তবে দ্রবণে অতিরিক্ত অম্ল উপস্থিত থাকে। অর্থাৎ, অম্ল ও ক্ষার দ্রবণ পরস্পর মিশ্রিত হলেই যতক্ষণ না একটি সম্পূর্ণ প্রশমিত হয় বিক্রিয়া চলতে থাকে।

এখন অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ায় প্রশমন বিন্দু বা প্রশমন ক্ষণ কিভাবে নির্ণয় করা যায়? কতকগুলি পদার্থ আছে যাদের বর্ণ অম্ল, প্রশম ও ক্ষার দ্রবণে বিভিন্ন হয়। যেমন লিটমাস এর বর্ণ প্রশম দ্রবণে বেগুনী, অম্ল দ্রবণে লাল এবং ক্ষার দ্রবণে নীল। এই সব রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহার করে অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমণ ক্ষণ নির্দ্ধারণ করা যায়। এদের বলে সূচক বা নির্দেশক। **যে সব রাসায়নিক পদার্থ বর্ণ-পরিবর্তনের দ্বারা আয়তনিক বিশ্লেষণে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রশমণ ক্ষণ নির্দেশ করতে পারে, তাদের বলে নির্দেশক।** অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমণ ক্ষণ নির্দেশ করতে যে সব নির্দেশক ব্যবহৃত হয় তাদের বলে অম্ল-ক্ষার নির্দেশক। পরপৃষ্ঠার ছকে কয়েকটি সাধারণ অম্ল-ক্ষার নির্দেশকের উল্লেখ করা হল।

নির্দেশক	বর্ণ		
	প্রশম দ্রবণে	অম্লদ্রবণে	ক্ষারদ্রবণে
(1) লিটমাস	বেগুনী	লাল	নীল
(2) মিথাইল অরেঞ্জ	কমলা	লাল (পিংক)	হলুদ
(3) ফিনলথ্যালিন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	লাল (পিংক)
(4) মিথাইল রেড	কমলা	লাল	হলুদ

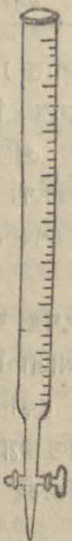
টাইট্রেশন : যে প্রক্রিয়ায় কোন অজানা মাত্রা (শক্তি) বিশিষ্ট দ্রবণের সাথে জানা মাত্রা বিশিষ্ট-দ্রবণের (প্রমাণ দ্রবণের) বিক্রিয়া ঘটিয়ে অজানামাত্রা-বিশিষ্ট দ্রবণের মাত্রা বার করা হয় সেই প্রক্রিয়াকে বলে টাইট্রেশন। অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে অম্ল বা ক্ষারের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে ক্ষার বা অম্লের অজানা দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা হয়। নির্দেশক প্রশম-ক্ষণ নির্দেশ করে।

আয়তন-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে (1) কোন প্রমাণ অম্ল দ্রবণের সাহায্যে প্রশমন বিক্রিয়ার দ্বারা কোন অজ্ঞাত ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে বলে অম্লমিতি বা অ্যাসিডমিতি, এবং (2) কোন প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে প্রশমণ বিক্রিয়ার দ্বারা কোন অজ্ঞাত অম্ল দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে বলে ক্ষারমিতি। উভয় পদ্ধতিতেই বিক্রিয়ার প্রশমন-ক্ষণ নির্দ্ধারণে অম্ল-ক্ষার নির্দেশক ব্যবহৃত হয়।

আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি : (1) **ব্যুরেট** (চিত্র A6·1) **:** টাইট্রেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়। এতে নির্দিষ্ট আয়তনের তরল ধরে। কত আয়তন দ্রবণ প্রশমন বিক্রিয়ায় প্রয়োজন ব্যুরেট পাঠ থেকে জানা যায়। (2) **পিপেট** (চিত্র A 6·2) **:** নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ নির্ভুলভাবে মেপে নেওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়। (3) **পরিমাপক ফ্লাস্ক** (চিত্র A6·3) **:** প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (4) ধৌত বোতল, বিকার, কোনিকাল ফ্লাস্ক, কাচদণ্ড, পরিমাপক সিলিণ্ডার (5) বৈশ্লেষিক তুলা, ওজন-বাক্স, তোলন-বোতল (6) স্ট্যাণ্ড, ব্যুরেট বন্ধনী, ইত্যাদি।

অম্লমিতি-ক্ষারমিতি কিভাবে করা হয় : অম্লমিতির একটি উদাহরণ : প্রতি মিলি. দ্রবণে 0·0035 গ্রাম HCl আছে এমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের সাহায্যে একটি অজ্ঞাত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়।

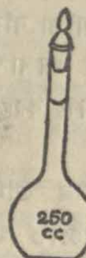
পরীক্ষা : একটি পরিষ্কার ব্যুরেটের 'O' দাগ পর্যন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রদত্ত প্রমাণ দ্রবণ দিয়ে পূর্ণ করে একটি বন্ধনীর সাহায্যে স্ট্যাণ্ডের সাথে লম্বভাবে আটকান হল। একটি 250 মিলি. বিকারে (কোনিকাল ফ্লাস্কও ব্যবহার করা



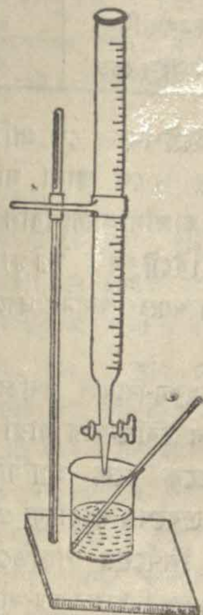
চিত্র A 6·1



চিত্র A 6·2



চিত্র A 6·3



চিত্র A 6·4

যেতে পারে) 25 মিলি. পিপেটের সাহায্যে অজ্ঞাত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের 25 মিলি. দ্রবণ নেওয়া হল। দ্রবণে 25 মিলি. পাতিত জল ও দু' ফোঁটা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ পিংক হয়ে গেল। এইবার বিকারকে ব্যুরেটের নীচে একটি পরিষ্কার সাদা কাগজের উপর রাখা হল (চিত্র A6·4) এবং ব্যুরেটের স্টপকক খুলে ধীরে ধীরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করে টাইট্রেশন শুরু করা হল। এক ফোঁটা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করার ফলে সমগ্র দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে গেলে প্রশমন ক্ষণ সূচিত হল। ব্যুরেট পাঠ নেওয়া হল। এর থেকে 25 মিলি. অজ্ঞাত NaOH দ্রবণ প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় প্রমাণ HCl দ্রবণের আয়তন পাওয়া গেল। ধরা যাক এই আয়তন হল 20 মিলি.।

গণনা : 25 মিলি. অজ্ঞাত মাত্রার NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করতে প্রতি মিলি. দ্রবণে 0·0035 গ্রা. HCl আছে এমন HCl দ্রবণের 20 মিলি. প্রয়োজন।

1 মিলি. HCl দ্রবণ = 0·0035 গ্রা. HCl

∴ 20 মিলি. HCl দ্রবণ = 0·0035 × 20 বা 0·070 গ্রা. HCl

এখন, প্রশমন বিক্রিয়াটি হল : $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ এই সমীকরণ থেকে, 1 গ্রাম-অণু NaOH কে (40 গ্রা.) প্রশমিত করতে 1 গ্রাম-অণু HCl (36·5 গ্রা.) প্রয়োজন।

36·5 গ্রা. HCl প্রশমিত করে 40 গ্রা. NaOH কে

∴ 0·070 " " " " " " $\frac{40 \times 0{\cdot}070}{36{\cdot}5}$ বা, 0·07672 গ্রা.

NaOH কে।

সুতরাং, 25 মিলি. প্রদত্ত NaOH দ্রবণে 0·07672 গ্রা. NaOH আছে।

(1) দ্রবণে NaOH-এর শতকরা পরিমাণ = $\frac{0{\cdot}7672 \times 100}{25}$ গ্রা.

বা, 0·30688 গ্রা.

(2) NaOH দ্রবণের নরমালিটি = $\frac{3{\cdot}0688}{40}$ = 0·07672

যেহেতু, NaOH এর তুল্যাঙ্কভার = আণবিক ওজন

∴ দ্রবণের নরমালিটি = মোলারিটি।

অম্লমিতি-ক্ষারমিতি সংক্রান্ত একটি প্রয়োজনীয় কথা : অম্ল ও ক্ষার তীব্র বা মৃদু উভয়প্রকারেরই হতে পারে। যে কোন প্রকারের অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে যে কোন নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না। নীচের ছকে কোন্ টাইট্রেশনে কোন্ নির্দেশক ব্যবহার উপযোগী দেখানো হল :

টাইট্রেশন	উপযোগী নির্দেশক
(1) তীব্র অম্ল-তীব্র ক্ষার	যে কোন নির্দেশক
(2) তীব্র অম্ল-মৃদু ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড
(3) মৃদু অম্ল-তীব্র ক্ষার	ফিনলথ্যালিন
(4) মৃদু অম্ল-মৃদু ক্ষার	সাধারণতঃ অম্লমিতি-ক্ষারমিতি করা হয় না।

রাসায়নিক গণনা : অম্লমিতি-ক্ষারমিতি সংক্রান্ত রাসায়নিক গণনায় নিম্নের বিষয়গুলি বুঝতে হবে এবং মনে রাখতে হবে।

1. দ্রবণের মাত্রা বিভিন্নভাবে প্রকাশ—তাদের মধ্যে সম্পর্ক :

(i) **শতকরা হিসাবে প্রকাশ :** অন্যভাবে উল্লেখ না থাকলে কোন কঠিন দ্রাবের x% দ্রবণ বলতে বোঝায় 100 মিলি. দ্রবণে দ্রাবের x গ্রাম উপস্থিত আছে। 8% Na_2CO_3 এর জলীয় দ্রবণ বলতে বোঝায় 8 গ্রাম Na_2CO_3 100 মিলি. দ্রবণে উপস্থিত। 8 গ্রা. Na_2CO_3 100 মিলি. জলে দ্রবীভূত করে Na_2CO_3 এর 8% জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়—এতে আয়তনের যে অতি সামান্য পরিবর্তন হয় তা ধরা হয় না। তরলের ক্ষেত্রে অবশ্য তরলের আয়তন ধরা হয়।

(ii) **নরমালিটি (N) :** যদি কোন দ্রাবের n সংখ্যক গ্রামতুল্যাঙ্ক V লিটার দ্রবণে থাকে, তবে,

$$\text{নরমালিটি (N)} = \frac{\text{দ্রাবের গ্রামতুল্যাঙ্কের সংখ্যা } (n)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (V)}} \text{ বা, } N = \frac{n}{V} \cdots\cdots (6.1)$$

$$\text{বা, } n = N \times V \cdots\cdots (6.2)$$

এখন, V লিটার দ্রবণে দ্রাবের ওজন যদি W গ্রা. হয় এবং দ্রাবের গ্রামতুল্যাঙ্ক যদি E গ্রাম হয়, তবে—

$$\text{দ্রাবের গ্রামতুল্যাঙ্কের সংখ্যা } (n) = \frac{\text{দ্রাবের ওজন (W)}}{\text{দ্রাবের গ্রামতুল্যাঙ্ক (E)}}$$

$$\text{বা, } n = \frac{W}{E} \cdots\cdots (6.3)$$

$$\text{সমীকরণ (6.2) এবং (6.3) থেকে : } \frac{W}{E} = N \times V \cdots\cdots (6.4)$$

$$\text{বা, } W = N \times V \times E \quad \cdots\cdots (6.5)$$

তাহলে, **গ্রাম—প্রতিলিটারে দ্রাবের পরিমাণ** = N × E = **নরমালিটি × গ্রামতুল্যাঙ্ক**······(6.6)

যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি সহজেই বার করা যায়।

(iii) **মোলারিটি (M) :** যদি কোন দ্রাবের m সংখ্যক গ্রাম-অণু V লিটার দ্রবণে থাকে, তবে—

$$\text{মোলারিটি (M)} = \frac{\text{দ্রাবের গ্রাম অণুর সংখ্যা } (m)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (V)}} \text{ বা, } M = \frac{m}{V} \cdots\cdots (6.7)$$

$$\text{বা, } m = M \times V \cdots\cdots (6.8)$$

যদি, V লিটার দ্রবণে দ্রাবের ওজন W গ্রাম এবং দ্রাবের

গ্রাম-অণু Z গ্রাম হয়, তবে $m=\frac{W}{Z}\cdots$ (6·9)

সুতরাং, (6·8) ও (6·9) থেকে $\frac{W}{Z}=M\times V\cdots\cdots$(6·10)

বা, $W=M\times V\times Z\cdots\cdots$(6·11)

সুতরাং, গ্রাম-প্রতিলিটারে দ্রাবের পরিমাণ $=M\times Z$

$=$ মোলারিটি $\times$ গ্রাম অণু ……(6·12)

[যদি কোন পদার্থের আণবিক ওজন (M) ও তুল্যাঙ্ক ভারের (E) মধ্যে সম্বন্ধ হয়, $M=x\times E$ (x একটি পূর্ণ সংখ্যা) তবে সেই পদার্থের দ্রবণের

মোলারিটি = নরমালিটি/x]

(iv) **সাধারণ উদাহরণ :** (a) **একটি x% দ্রবণের নরমালিটি ও মোলারিটি :**

দ্রাবের গ্র্যামতুল্যাঙ্ক $=$ E গ্রা., গ্রাম $-$ অণু $=$ Z গ্রাম

100 মিলি. দ্রবণে আছে দ্রাবের x গ্রা.

∴ 1000 ··· ··· ··· ··· $10x$ গ্রা.

(1) নরমালিটি $=\frac{\text{গ্রাম-প্রতিলিটারে দ্রাবের ওজন}}{\text{গ্রামতুল্যাঙ্ক}}=\frac{10x}{E}$

(2) মোলারিটি $=\frac{\text{গ্রাম-প্রতিলিটারে দ্রাবের ওজন}}{\text{গ্রাম-অণু}}=\frac{10x}{Z}$

(b) **xN মাত্রার দ্রবণে দ্রাবের গ্রাম-প্রতিলিটারে ও শতকরা পরিমাণ**

দ্রাবের গ্রামতুল্যাঙ্ক $=$ E গ্রাম

গ্রাম-প্রতিলিটারে দ্রাবের পরিমাণ $=$ নরমালিটি $\times$ গ্রামতুল্যাঙ্ক $=x\times E$

দ্রবণে দ্রাবের শতকরা পরিমাণ $=\frac{x\times E}{10}$

(v) **আপেক্ষিক গুরুত্ব, ওজন, আয়তন সম্পর্কিত গণনা : উচ্চমাত্রার দ্রবণের লঘুকরণ :**

অ্যাসিড, ক্ষার ইত্যাদি দ্রবণের শক্তি অনেক সময় ওজনের শতকরা হিসাবে (ওজন অনুসারে 100 ভাগ দ্রবণে ওজন অনুসারে দ্রাবের পরিমাণ) প্রকাশ করা হয়। যেমন, 96% H_2SO_4 (100 গ্রাম দ্রবণে 96 গ্রাম H_2SO_4 আছে)। আবার অনেক সময় এই সব দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্বও নির্দেশ করা হয়। এই সব ক্ষেত্রে বিভিন্ন শক্তির

দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্ণয় করে তালিকাবদ্ধ করা হয়েছে। সুতরাং দ্রবণের ওজন হিসাবে শতকরা পরিমাণ জানা থাকলে তালিকা থেকে তার আপেক্ষিক গুরুত্ব বা আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা থাকলে ওজন হিসাবে শতকরা পরিমাণ জানা যায়। এর থেকে দ্রবণের শক্তি সহজেই নরমালিটি বা মোলারিটিতে প্রকাশ করা যায়। নীচের গাণিতিক উদাহরণে বিষয়টি বোঝানো হল।

ঘনত্ব, ওজন ও আয়তনের মধ্যে সম্বন্ধ হল :

ওজন (ω) = আয়তন (v) × ঘনত্ব (d)

অর্থাৎ $\omega = v \times d$, বা, $v = \omega/d$ যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি বার করা যায়।

(1) 20% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের নরমালিটি কত ?

20% H_2SO_4 দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব (তালিকা থেকে) হল 1·14

($\therefore$ ঘনত্ব হল 1·14 গ্রাম প্রতি মিলিলিটারে)

এখন 20% H_2SO_4 দ্রবণের 100 গ্রামের আয়তন

$$= \frac{\text{ওজন}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{100}{1 \cdot 14} = 87 \cdot 7 \text{ মিলিলিটার}$$

$\therefore$ 87·7 মিলিলিটার H_2SO_4 দ্রবণে আছে 20 গ্রাম H_2SO_4

$\therefore$ 1000 ... ... $\frac{20 \times 1000}{87 \cdot 7}$ গ্রা. বা 228 গ্রা. H_2SO_4

এখন H_2SO_4 এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 49·04 গ্রাম।

$\therefore$ 20% H_2SO_4 দ্রবণের নরমালিটি হল : $\frac{228}{49 \cdot 04} = 4 \cdot 65$

(2) 2 লিটার 0·1N সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত করতে 96°/。 H_2SO_4 এর (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84) কত মিলিলিটার প্রয়োজন ?

1 লিটার 1N H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রা. অনার্দ্র H_2SO_4

(H_2SO_4 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রা.)

$\therefore$ 2 লিটার 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রয়োজন 49 × 0·1 × 2 বা 9·8 গ্রা. H_2SO_4

এখন নির্ণয় করা যাক 96% H_2SO_4 দ্রবণের কত ওজনে 9·8 গ্রা. অনার্দ্র H_2SO_4 আছে।

96 গ্রাম H_2SO_4 আছে 96% H_2SO_4 দ্রবণের 100 গ্রামে

$\therefore$ 9·8 ... ... $\frac{100 \times 9 \cdot 8}{96}$ গ্রামে বা 10·2 গ্রামে

এখন 96% H_2SO_4 এর 10·2 গ্রামের আয়তন হল $\frac{10\cdot2}{1\cdot84}$ মিলিলিটার বা

5·5 মিলিলিটার।

সুতরাং পরিমাপক সিলিণ্ডারের সাহায্যে 5·5 মিলিলিটার 96% H_2SO_4 দ্রবণ পরিমাপ করে নিয়ে একটি 2 লিটার পরিমাপক ফ্লাস্কে কিছুটা জলের মধ্যে ঢালা হয় এবং তারপর জল যোগ করে 2 লিটারে লঘু করলে 2 লিটার 0.1N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত হয়।

(II) অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়ার প্রশমবিন্দুতে, (144 পৃঃ দ্রষ্টব্য)

অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = ক্ষারের গ্রামতুল্যাঙ্কের সংখ্যা

এখন কোন দ্রাবের (অ্যাসিড বা ক্ষার) গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = $N\times V$ [N= নরমালিটিতে মাত্রা, V = লিটারে আয়তন]

সুতরাং, S_1N মাত্রাবিশিষ্ট কোন অ্যাসিড দ্রবণের V_1 লিটার প্রশমিত করতে যদি S_2N মাত্রাবিশিষ্ট কোন ক্ষার দ্রবণের V_2 লিটার প্রয়োজন হয়, তবে—

$S_1 V_1 = S_2 V_2$ ···(6·13) [যেহেতু, V উভয়পক্ষেই আছে, V কে লিটারে প্রকাশের কোন প্রয়োজন নাই। তবে V কে সর্বদা একই এককে প্রকাশ করতে হবে। সাধারণতঃ, টাইট্রেশনে V কে মিলিলিটারে প্রকাশ করা হয়।]

অর্থাৎ, প্রশমবিন্দুতে, নরমালিটিতে অ্যাসিডের মাত্রা × অ্যাসিডের আয়তন

= নরমালিটিতে ক্ষারের মাত্রা × ক্ষারের আয়তন···(6·14)

বা, $\frac{\text{অ্যাসিডের আয়তন}}{\text{ক্ষারের আয়তন}}=\frac{\text{নরমালিটিতে ক্ষারের মাত্রা}}{\text{নরমালিটিতে অ্যাসিডের মাত্রা}}$ ···(6·15)

উপরের (6·14) নং সমীকরণ থেকে এটা স্পষ্ট যে নরমালিটিতে প্রকাশিত সমমাত্রা-সম্পন্ন যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরকে সমায়তনে প্রশমিত করে। অর্থাৎ 1 মিলি. 1N অ্যাসিড দ্রবণ 1 মিলি. 1N যে কোন ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত করে। যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কের ক্ষার প্রশমনের ক্ষমতা সমান এবং যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক ক্ষার প্রশমিত করতে পারে। আবার, যে কোন ক্ষারের 1 গ্র্যাম-তুল্যাঙ্কের অ্যাসিড-প্রশমনের ক্ষমতা সমান এবং যে কোন ক্ষারের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড প্রশমিত করতে পারে।

(III) (i) 1 মিলিলিটার 1N দ্রবণ ≡ x মিলিলিটার $\frac{N}{x}$ দ্রবণ।

[x যে কোন সংখ্যা]

≡ $\frac{1}{x}$ মিলিলিটার x N দ্রবণ।

(ii) x মিলিলিটার y N দ্রবণ $\equiv xy$ মিলিলিটার N দ্রবণ। দুইটি দ্রবণে যদি সমান পরিমাণ একই দ্রাব থাকে তবে দ্রবণ দুইটির আয়তন ও মাত্রার গুণফল একই হবে।

(IV) (i) x মিলিলিটার 1N HCl দ্রবণ $+ y$ মিলিলিটার 1N H_2SO_4 দ্রবণ $= (x+y)$ মিলিলিটার 1N অ্যাসিড দ্রবণ।

(ii) x মিলিলিটার 1N NaOH দ্রবণ $+ y$ মিলিলিটার 1N $Ba(OH)_2$ দ্রবণ $= (x+y)$ মিলিলিটার 1N ক্ষার দ্রবণ।

গাণিতিক উদাহরণ :

(1) 2% Na_2CO_3 দ্রবণের নরমালিটি ও মোলারিটি কত ?

100 মিলিলিটার Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 2 গ্রাম

∴ 1000 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 20 গ্রাম।

Na_2CO_3 এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=53$ গ্রাম

∴ 2% Na_2CO_3 দ্রবণের নরমালিটি $= \frac{20}{53}$ বা 0·38

Na_2CO_3 এর গ্রাম-অণু $=106$ গ্রাম

∴ 2% Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{20}{106}$ বা 0·19

(2) 0·75 N 500 মিলিলিটার KOH দ্রবণে KOH এর পরিমাণ কত ?

KOH এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=56$ গ্রাম।

তাহলে, 1000 মিলি. 1N KOH দ্রবণে থাকে 56 গ্রাম KOH

∴ 500 „ „ 0·75N „ „ „ $\frac{56 \times 500 \times 0.75}{1000}$ গ্রাম KOH

বা 21 গ্রাম KOH।

(3) 25 মিলি. Na_2CO_3 দ্রবণ পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 20 মিলি. 0·11N H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নরমালিটি ও গ্রাম-প্রতি লিটারে নির্ণয় কর।

ধরা যাক, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= x$N এখন প্রশম বিন্দুতে,

অ্যাসিডের আয়তন × অ্যাসিডের মাত্রা = ক্ষারের আয়তন × ক্ষারের মাত্রা

∴ $25 \times x\text{N} = 20 \times 0.11\text{N}$

বা, $x = \frac{20 \times 0.11}{25} = 0.088$

∴ Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= 0.088$N

এখন, 1000 মিলি. 1N Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে 53 গ্রা. Na_2CO_3

∴ 1000 মিলি. 0·088N „ „ „ $53 \times 0{\cdot}088$

বা, 4·664 গ্রাম Na_2CO_3

∴ Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ হল 4·664 গ্রাম/লিটারে।

(4) 25 মিলি. একটি NaOH দ্রবণে 10 মিলি. 0·95N HCl দ্রবণ যোগ করা হল এবং এই ক্ষারীয় দ্রবণ পরিপূর্ণ রূপে প্রশমিত করতে আরও 12 মিলি. 0·8N H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন হল। NaOH দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

10 মিলি. 0·95N HCl দ্রবণ ≡ $10 \times 0{\cdot}95$ মিলি. N HCl দ্রবণ

= 9·5 মিলি. N HCl দ্রবণ।

এবং, 12 মিলি. 0·8N H_2SO_4 দ্রবণ ≡ $12 \times 0{\cdot}8$ মিলি. N H_2SO_4 দ্রবণ

= 9.6 মিলি. N H_2SO_4 দ্রবণ

এখন, 9·5 মিলি. N HCl দ্রবণ + 9·6 মিলি. N H_2SO_4 দ্রবণ

= (9·5 + 9·6) বা 19·1 মিলি. N অ্যাসিড দ্রবণ।

এখন প্রশম-বিন্দুতে,

$S_1V_1 = S_2V_2$

S_1 = ক্ষারের মাত্রা (অজ্ঞাত)

V_1 = ক্ষারের আয়তন = 25 মিলি.

S_2 = অ্যাসিডের মাত্রা = 1N

V_2 = অ্যাসিডের আয়তন = 19·1 মিলি.

$\therefore S_1 \times 25 = 1 \times 19{\cdot}1$

বা, $S_1 = \frac{19{\cdot}1}{25} = 0{\cdot}764$

∴ NaOH দ্রবণের নির্ণেয় মাত্রা = 0·764 N এবং দ্রবণে NaOH এর পরিমাণ হল $0{\cdot}764 \times 40$ বা 30·56 গ্রাম/লিটারে

(5) 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করা হল এবং দ্রবণে জল যোগ করে 250 মিলিলিটার করা হল। এই দ্রবণের 50 মিলিলিটারে 30·4 মিলি. 0·15 N HCl দ্রবণ যোগ করা হল এবং উৎপন্ন দ্রবণ প্রশমিত করতে 10 মিলি. 0·12N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নরমালিটিতে নির্ণয় কর। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3 এর শতকরা পরিমাণ কত?

[কলি. ইন্টার. 1923]

30·4 মিলি. 0·15 N HCl দ্রবণ ≡ $30{\cdot}4 \times 0{\cdot}15$ মিলি. N HCl দ্রবণ

= 4·56 মিলি. N HCl দ্রবণ।

আবার, 10 মিলি. 0·12 N NaOH দ্রবণ $=10\times0\cdot12$ মিলি. N NaOH দ্রবণ

$=1\cdot2$ মিলি. N NaOH দ্রবণ

$=1\cdot2$ মিলি. N HCl দ্রবণ।

সুতরাং, 50 মিলি. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করতে $(4\cdot56-1\cdot2)$ মিলি. বা 3·36 মিলি. N HCl দ্রবণ প্রয়োজন।

এখন Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা xN হলে,

$$50\times x\text{N}=3\cdot36\times1\text{N} \text{ বা, } x=\frac{3\cdot36}{50}=0\cdot0672$$

সুতরাং, অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণের নরমালিটি হল 0·0672.

এখন, 1000 মিলি N বিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে 53 গ্রা. Na_2CO_3

∴ 250 মিলি. 0·0672N ... ... $\frac{53\times250\times0\cdot0672}{1000}$

বা, 0·8904 গ্রা. Na_2CO_3

অর্থাৎ, 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেটে বিশুদ্ধ Na_2CO_3 এর পরিমাণ $=0\cdot8904$ গ্রাম।

∴ অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3 এর শতকরা পরিমাণ হল

$0\cdot8904\times100$ বা, 89·04

(6) শতকরা 4ভাগ বালিযুক্ত 1 গ্রাম $CaCO_3$ কে প্রশমিত করতে 1N মাত্রার অ্যাসিডের কত আয়তন প্রয়োজন? [কলি. পি. ইউ. 1965]

1 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$ এ উপস্থিত $CaCO_3$ এর পরিমাণ হল 0·96 গ্রাম।

এখন, 1000 মিলি. N অ্যাসিড ≡ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $CaCO_3$ = 50 গ্রাম $CaCO_3$

[$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$; ∴ $CaCO_3$ এর তুল্যাঙ্ক-ভার $=\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}=50$]

সুতরাং, 50 গ্রা. $CaCO_3$ কে প্রশমিত করতে প্রয়োজন 1000 মিলি N অ্যাসিড

∴ 0·96 গ্রা. ... ... $\frac{1000\times0\cdot96}{50}$

বা, 19·2 মিলি লিটার N অ্যাসিড দ্রবণ।

(7) 1 গ্রাম সোডিয়াম 250 মিলি. জলে দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন দ্রবণের নরমালিটি কত হবে? একই আয়তন জলে কত গ্রাম শুষ্ক H_2SO_4 দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন

অ্যাসিড দ্রবণ পূর্বোক্ত ক্ষারীয় দ্রবণকে সমায়তনে প্রশমিত করবে? ক্ষারীয় দ্রবণকে CO_2 দ্বারা সংপৃক্ত করলে টাইটারের মান কিভাবে প্রভাবিত হবে?

[রাঁচী পি. ইউ. 1965]

$$2Na + H_2O = 2NaOH + H_2$$
$$2 \times 23 \qquad 2 \times 40$$

23 গ্রাম সোডিয়াম উৎপন্ন করে 40 গ্রাম NaOH

∴ 1 … … … 40/23 গ্রাম NaOH

∴ 250 মিলি. NaOH দ্রবণে আছে $\frac{40}{23}$ গ্রাম NaOH

∴ 1000 … … … $\frac{40 \times 4}{23}$ গ্রাম NaOH

∴ দ্রবণের নরমালিটি $= \frac{40 \times 4}{23 \times 40} = 0{\cdot}174$

[NaOH এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হল 40 গ্রাম]

যেহেতু H_2SO_4 দ্রবণ এবং NaOH দ্রবণ পরস্পরকে সমায়তনে প্রশমিত করে, সুতরাং H_2SO_4 দ্রবণের নরমালিটিও হবে 0·174।

এখন, 1000 মিলি. N H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রা. H_2SO_4

∴ 250 .... 0·174N … … $\frac{49 \times 250 \times 0{\cdot}174}{1000}$

বা, 2·131 গ্রাম H_2SO_4

সুতরাং, নির্ণেয় শুষ্ক H_2SO_4 এর পরিমাণ = 2·131 গ্রাম।

এখন, NaOH দ্রবণকে CO_2 দ্বারা সংপৃক্ত করলে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হয়:

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$$

যেহেতু, তুল্যাঙ্ক পরিমাণ $NaHCO_3$ উৎপন্ন হয়, তাই টাইটারের মানের কোন পরিবর্তন হয় না।

(8) যদি N/10 Na_2CO_3 দ্রবণের [গুণক (F) = 1·05] 25 মিলি. কোন H_2SO_4 দ্রবণের 19·5 মিলি. দ্বারা প্রশমিত হয়, তবে অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা নরমালিটি ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। অ্যাসিড দ্রবণের কত আয়তন লঘু করে 1 লিটার করলে দ্রবণের মাত্রা সঠিকভাবে N/10 হবে?

[উচ্চ মাধ্যমিক কম্পার্ট. 1964]

এখানে, অ্যাসিডের মাত্রা $= x\text{N}$ ক্ষারের মাত্রা $= 1{\cdot}05\frac{\text{N}}{10}$

অ্যাসিডের আয়তন = 19·5 মিলি. ক্ষারের আয়তন = 25 মিলি.

$\therefore\quad x\text{N}\times 19{\cdot}5$ মিলি. $= 1{\cdot}05\frac{\text{N}}{10}\times 25$ মিলি.

বা, $x=\frac{1{\cdot}05\times 25}{10\times 19{\cdot}5}=0{\cdot}135$

$\therefore$ অ্যাসিডের মাত্রা $= 0{\cdot}135\text{N}$

এবং, গ্রাম/লিটারে অ্যাসিডের পরিমাণ $= 0{\cdot}135\times 49 = 6{\cdot}615$

এখন, মনে করি 0·135N H_2SO_4 দ্রবণের V মিলি. কে লঘু করে 1 লিটার (1000 মিলি.) করলে দ্রবণের মাত্রা N/10 হয়,

তাহলে, $\text{V}\times 0{\cdot}135\text{N} = 1000\times\frac{\text{N}}{10}$

$\therefore\quad \text{V}=\frac{1000}{10\times 0{\cdot}135}=740{\cdot}7$

সুতরাং, 0·135N মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণের 740·7 মিলিলিটার দ্রবণ লঘু করে 1 লিটার করলে দ্রবণের মাত্রা সঠিক ভাবে N/10 হয়।

অনুশীলনী :

1. (i) দুটি মৌল নিয়ে গঠিত একটি যৌগের সাথে NaOH এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফাইট ও জল উৎপন্ন হল। যৌগটি কি? যৌগটিকে জলে চালনা করলে কি হয়? (ii) একটি অক্সাইডের সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হল এবং লবণের ক্যাটায়নে অক্সাইডের অপর মৌলটি থাকল। অক্সাইডটি কি ধরনের? একটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা কর। (iii) ZnO কে উভধর্মী বলা হয় কেন? উভধর্মী অক্সাইডের আর দুটি উদাহরণ দাও (iv) অম্লিক অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হলে কি ধরনের অ্যাসিড উৎপন্ন হয়? একটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা কর। (v) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড—অ্যাসিটিক অ্যাসিড টাইট্রেশনে কি নির্দেশক ব্যবহার করবে? (vi) কোন্ ধরনের অক্সাইড লঘু অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে? উদাহরণ দাও। (vii) জলীয় দ্রবণে HNO_3 একটি তীব্র অ্যাসিড, কিন্তু HF দ্রবণে HNO_3 অ্যাসিড নয়—কারণ নির্দেশ কর। (viii) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের এক অণুতে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকা সত্ত্বেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড

একটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিড কেন ? (ix) শুধু সংকেত থেকে কোন অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা বলা যায় কি ? (x) 25 মিলি. 10% HCl দ্রবণ 25 মিলি. 10% NaOH দ্রবণকে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে পারে কি ?

2. অক্সাইড কাকে বলে ? অ্যাসিড ও ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে অক্সাইডগুলিকে কি কি ভাগে ভাগ করা যায় ? উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

3. লবণ বলতে কি বোঝায় ? লবণসমূহকে কিভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হয় ? নিম্নের লবণগুলির শ্রেণীবিভাগ কর :—ফেরিক ক্লোরাইড, ক্ষারকীয় লেড ক্লোরাইড, ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট।

4. লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ বলতে কি বোঝায় ? নিম্নলিখিত লবণগুলিকে জলে দ্রবীভূত করলে জলীয় দ্রবণ আম্লিক, ক্ষারীয় না প্রশম হবে ? কারণ নির্দেশ কর : (i) $NaCl$ (ii) $(NH_4)_2SO_4$ (iii) $FeCl_3$ (iv) CH_3COONa (v) NH_4Cl (vi) Na_2CO_3 ।

5. অম্লের ক্ষার-গ্রাহিতা ও ক্ষারকের অম্ল-গ্রাহিতা বলতে কি বোঝায় ? অম্লের তুল্যাঙ্কভারের সাথে তার ক্ষারগ্রাহিতার এবং ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভারের সাথে তার অম্লগ্রাহিতার সম্পর্ক কি ?

6. কোন অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার বলতে কি বোঝায় ? উদাহরণ সহ আলোচনা কর। তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্বন্ধ কি ?

7. টীকা লেখ :—(*a*) নরমাল দ্রবণ (*b*) হাইড্রাসিড ও অক্সি-অ্যাসিড (*c*) প্রশমন বিক্রিয়া (*d*) অম্ল-ক্ষার নির্দেশক।

8. পার্থক্য নিরূপণ কর : (*a*) আয়নীভবন ও প্রশমন [যুক্ত প্রবেশিকা, 1976] (*b*) নরমালিটি ও মোলারিটি (*c*) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম-অণু (*d*) প্রমাণ দ্রবণ ও নরমাল দ্রবণ (*e*) অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি।

9. 250 মিলি. N/10 Na_2CO_3 দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করবে এবং একটি H_2SO_4 দ্রবণ কিভাবে প্রমিত (standardise) করবে ? কিভাবে H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি গণনা করবে ? [H. S. Comp. 1965]

10. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির নরমালিটি ও মোলারিটি নির্ণয় কর :

(*a*) 10% Na_2CO_3 দ্রবণ ; (*b*) 250 মিলি. HCl দ্রবণ যার মধ্যে 18·25 গ্রা. HCl আছে ; (*c*) 2 লিটার H_2SO_4 দ্রবণ যার মধ্যে 24·5 গ্রাম H_2SO_4 আছে। [উত্তর (*a*) 1·88, 0·94 ; (*b*) 2, 2 ; (*c*) 0·25, 0·125]

11. নিম্নের দ্রবণগুলিতে গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় কর :
(*a*) 0·125 N HCl ; (*b*) 5 M NaOH ; (*c*) 2·5 N H_2SO_4 ; (*d*) 0·5 F NaCl দ্রবণ ; (*e*) 0·25 N $FeSO_4$ দ্রবণ [উত্তর (*a*) 4·5625 ; (*b*) 200 ; (*c*) 122·5 ; (*d*) 29·25 ; (*e*) 19]

12. 1 লিটার জলে 5 গ্রা. KOH এবং 5 গ্রা. Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণটির ক্ষার-মাত্রা কত ? [উঃ 0·185 N]

13. 10 গ্রা. NaOH এর জন্য 0·5 N NaOH দ্রবণের কত মিলিলিটার প্রয়োজন ? [উঃ 500 মিলিলিটার]

14. 1 লিটার H_2SO_4 দ্রবণে 2·45 গ্রা. H_2SO_4 আছে। আর কত গ্রাম HCl দ্রবীভূত করলে দ্রবণটির অ্যাসিডমাত্রা 0·1 N হবে ? [উঃ 1·825 গ্রা. HCl]

15. 10 N H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনে উহার 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক থাকবে ? [উঃ 100 মিলিলিটার]

16. কোন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের 10 ঘ. সে. দ্রবণ 15 ঘ. সে. NaOH দ্রবণ দ্বারা সঠিকভাবে প্রশমিত হয়। আবার 10 ঘ. সে. ঐ HCl দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে 0·1435 গ্রা. AgCl উৎপন্ন হয়। NaOH দ্রবণের শক্তি গ্রাম প্রতি লিটারে বার কর। [যুক্ত প্রবেশিকা 1975] [উঃ 2·668]

[সংকেত : $\underset{36\cdot5}{HCl} + AgNO_3 = \underset{143\cdot5}{AgCl} + HNO_3$

143·5 গ্রা. AgCl উৎপন্ন হয় 36·5 গ্রা. HCl থেকে

$\therefore$ 0·1435 গ্রা. ··· ··· $\frac{36\cdot5 \times 0\cdot1435}{143\cdot5}$ বা, 0·0365 গ্রা. HCl থেকে।

$\therefore$ 10 ঘ. সে. HCl দ্রবণে HCl এর পরিমাণ হল 0·0365 গ্রা.

$\therefore$ HCl দ্রবণের শক্তি $= \frac{0\cdot0365 \times 1000}{10 \times 36\cdot5}$ বা 0·1 N

এইবার, HCl দ্রবণের আয়তন ও শক্তি এবং NaOH দ্রবণের আয়তন জানা ; সুতরাং NaOH দ্রবণের শক্তি সহজেই বার করা যায়।]

17. 22 cc of N/2 H_2SO_4 neutralises 20·6 cc. of KOH solution. How much water must be added to 1 litre of the latter to make it exactly N/2 ? [Jt. Entr. 1971] [Ans. 67·9 cc.]

18. 25 মিলিলিটার অজ্ঞাতমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের সাথে 8 মিলি. 0·75 N H_2SO_4 দ্রবণ মিশানোর পর দেখা গেল দ্রবণটি এখনও ক্ষারীয় আছে। দ্রবণে উপস্থিত

এই অতিরিক্ত পরিমাণ Na_2CO_3 কে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 15 মিলি. 0·8 N HCl দ্রবণের প্রয়োজন হল। Na_2CO_3 দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা কত ?
[বর্ধমান ইউ. ই. 1965] [উত্তর : 0·72]

19. 0·9125 গ্রাম বিশুদ্ধ HCl জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মিলিলিটার করা হল। নির্ণয় কর : (a) তুল্যাঙ্কমাত্রায় দ্রবণের শক্তি (b) 23·5 মিলি. 0·09 N Na_2CO_3 দ্রবণ প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় এই HCl দ্রবণের আয়তন।
[গৌহাটি পি. ইউ. 1965] [উঃ (a) 0·1 (d) 21·15 মিলি.]

20. 2 grams of a mixture of blue vitriol ($CuSO_4$, $5H_2O$) and NaCl was dissolved in water and boiled with 25 ml N NaOH. The black ppt. of cupric oxide was filtered and washed. The filtrate required 15 ml of N H_2SO_4 for neutralisation. Calculate the percentage of purity of blue vitriol in the sample. (Ranchi P.U. 1966)
[Ans. 62·25%]

21. প্রতি লিটারে 7·3 গ্রা. অ্যাসিড আছে এমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 25 ঘ. সে. 30 ঘ. সে. NaOH দ্রবণকে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করল ; 20 ঘ. সে. এই ক্ষারদ্রবণকে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 24 ঘ. সে. H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হল। H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি তুল্যাঙ্কমাত্রায় ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। [দিল্লী বোর্ড 1963]
[উঃ 0·1389N ; 6·805 গ্রা/লিটারে]

22. একটি H_2SO_4 দ্রবণের 20 ঘ. সে. 3% Na_2CO_3 দ্রবণের 21·2 ঘ. সে.-কে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণের শক্তিকে কিভাবে N/10-এ পরিণত করবে ?
(কলিকাতা ইণ্টার) [উঃ 1 ঘ. সে. অ্যাসিড দ্রবণে 5 ঘ. সে. জল যোগ করে]

23. 100 g. of HCl solution of sp. gr. 1·17 contain 33·4 g of HCl. How many litres of acid solution of this strength would be required to neutralise 5 litres of a solution of NaOH containing 0·042 g of NaOH per cc ? (All. Inter.) [Ans. 0·49 litre]

24. 2 g. of a mixture of bicarbonate, carbonate and chloride of sodium gave on gentle heating, till no further evolution of gas occurred, 62 cc. of CO_2 at 26°C and 752 mm pressure. 1·6 g of the same mixture required 26 cc of NHCl for complete neutralisation. Calculate the percentage of bicarbonate, carbonate and chloride in the mixture. (C.U. Inter 1943)

[Ans. $NaHCO_3$ 21%, Na_2CO_3 72·85%, NaCl 6·15%]

সপ্তম অধ্যায়

জারণ ও বিজারণ

প্রাচীন ধারণা : একেবারে প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী কোন পদার্থে রাসায়নিক-ভাবে অক্সিজেন যুক্ত হলে তাকে বলা হত জারণ এবং পদার্থ থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হলে তাকে বলা হত বিজারণ। পরবর্তীকালে এই ধারণাকে একটু পরিবর্দ্ধিত করে জারণ-বিজারণের সংজ্ঞা দেওয়া হয় নিম্নরূপে :

জারণ : যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় : (ক) কোন পদার্থে অক্সিজেন যুক্ত হয়, (খ) পদার্থ থেকে হাইড্রোজেন বিযুক্ত হয়, (গ) পদার্থে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা এদের আনুপাতিক পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, অথবা (ঘ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক বিযুক্ত হয় বা এদের সংখ্যা বা আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস পায়, তাকে জারণ প্রক্রিয়া বলা হয়। যেমন :

(ক) **অক্সিজেন-সংযোজন :** $2Mg + O_2 = 2MgO$. এক্ষেত্রে Mg জারিত হয়েছে।

(খ) **হাইড্রোজেন-বিযুক্তি :** $H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$. এখানে, H_2S থেকে হাইড্রোজেন বিযুক্ত হয়েছে, কাজেই এটি H_2S এর জারণ।

(গ) $SnCl_2 + 2FeCl_3 = SnCl_4 + 2FeCl_2$. এটি স্ট্যানাস ক্লোরাইডের জারণ-ক্রিয়া, কারণ $SnCl_2$ তে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন যুক্ত হয়েছে।

(ঘ) $2KI + H_2O_2 = I_2 + 2KOH$. এখানে পটাসিয়াম আয়োডাইড H_2O_2 দ্বারা জারিত হয়েছে আয়োডিনে, কারণ তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল পটাসিয়াম বিযুক্ত হয়েছে পটাসিয়াম আয়োডাইড থেকে।

বিজারণ-ক্রিয়া : জারণ-ক্রিয়ার ঠিক বিপরীত। অর্থাৎ, **যে রাসায়নিক পদ্ধতিতে (ক) কোন পদার্থে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়, (খ) পদার্থ থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হয় (গ) তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক বিযুক্ত হয় বা এদের সংখ্যা বা আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস পায়, অথবা (ঘ) তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা এদের সংখ্যা বা আনুপাতিক পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তাকে বলে বিজারণ।** যেমন :

(ক) **হাইড্রোজেন-সংযোজন :** $Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$. এই বিক্রিয়ায় ক্লোরিনের সাথে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়, কাজেই ক্লোরিন এখানে বিজারিত।

(খ) **অক্সিজেন-বিযুক্তি :** $CuO + H_2 = Cu + H_2O$. এটি CuO-এর বিজারণ, কারণ CuO থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হয়েছে।

(গ) $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$. এখানে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয়েছে ফেরাস ক্লোরাইডে, যেহেতু তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিনের পরিমাণ হ্রাস পেয়েছে।

(ঘ) $2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$. এটি মারকিউরিক ক্লোরাইডের বিজারণ, কারণ, মারকিউরাস ক্লোরাইডে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল মারকারির আনুপাতিক পরিমাণ বেশী।

জারণ-বিজারণ সম্পর্কীয় আধুনিক মতবাদ হচ্ছে ইলেকট্রনীয় মতবাদ। ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন অণু, পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে বলে জারণ।** অপরপক্ষে, **যে পদ্ধতিতে কোন অণু, পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তাকে বলে বিজারণ।**

জারণ-বিজারণের এই ইলেকট্রনীয় মতবাদ আয়নীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এবং **সাধারণতঃ** দ্রবণে যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে, সেইসব ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। তবে আয়নীয় বা তড়িৎ-যোজী যৌগের ক্ষেত্রে কঠিন অবস্থাতেও ঐ সংজ্ঞা প্রযোজ্য হবে।

যেমন, ক্লোরিন গ্যাস-প্রবাহে সোডিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, $2Na + Cl_2 = 2NaCl$. এক্ষেত্রে সোডিয়াম জারিত হয়েছে, কারণ প্রতিটি Na পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করেছে, ফলে সোডিয়াম আয়ন Na^+ উৎপন্ন হয়েছে : $2Na - 2e = 2Na^+$. অপরপক্ষে, ক্লোরিন হয়েছে বিজারিত, কারণ ক্লোরিন অণু দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে 2টি ক্লোরাইড আয়ন গঠন করেছে : $Cl_2 + 2e = 2Cl^-$.

সাধারণ মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদ : একটু বিশ্লেষণ করলে একটি বিষয় সহজেই বুঝতে পারা যায় যে, জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত প্রাক্তন ধারণা এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় ধারণা পরস্পর-বিরোধী নয় বরং অনেক ক্ষেত্রেই দুটি মতবাদের মধ্যে যথেষ্ট মিল আছে। আগেই বলা হয়েছে যে ইলেকট্রনীয় মতবাদ আয়নীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। এখন, অধিকাংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াই ঘটে থাকে দ্রবণে এবং দ্রবণে বিকারক দ্রব্যগুলি আয়নে বিয়োজিত হয়, ঐ আয়নগুলিই জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় অংশ নেয়। সুতরাং অধিকাংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ারই ইলেকট্রনীয় মতবাদের

আলোকে ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভবপর। কয়েকটি উদাহরণ নিলে বিষয়টি পরিষ্কার হবে :

(1) জলীয় দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড ক্লোরিন-গ্যাসের সাথে বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$.

সাধারণ সংজ্ঞা অনুযায়ী ঐ বিক্রিয়া **ফেরাস ক্লোরাইডের জারণ** এবং **ক্লোরিনের বিজারণ**, কারণ ফেরাস ক্লোরাইডে তড়িৎ-ঋনাত্মক মৌল ক্লোরিন যুক্ত হয়েছে এবং ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয়েছে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল আয়রন। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ীও এই বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া, তবে এখানে জারিত হচ্ছে ফেরাস আয়ন এবং বিজারিত হচ্ছে ক্লোরিন। কিভাবে এটি হচ্ছে ? জলীয় দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড ফেরাস আয়ন (Fe^{++}) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) দেয়। ফেরাস আয়ন ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ায় ফেরিক আয়নে পরিবর্তিত হয় এবং ক্লোরিন পরিবর্তিত হয় ক্লোরাইড আয়নে :

$$2FeCl_2 \rightleftharpoons 2Fe^{++} + 4Cl^-, \quad 2Fe^{++} + Cl_2 = 2Fe^{+++} + 2Cl^-$$

এক্ষেত্রে ফেরাস আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করে, সুতরাং Fe^{++} জারিত হয় :

$$2Fe^{++} - 2e = 2Fe^{+++}.$$

অপরপক্ষে, ক্লোরিন ইলেকট্রন গ্রহণ করে, সুতরাং এটি বিজারিত হয় :

$$Cl_2 + 2e = 2Cl^-.$$

তাহলে, এখানে জারকদ্রব্য ক্লোরিন এবং বিজারকদ্রব্য ফেরাস আয়ন। ফেরাস আয়ন ইলেকট্রন ছেড়ে দেয় এবং ক্লোরিন ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

(2) আবার, ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে পোড়ালে যে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়, সাধারণ সংজ্ঞা অনুসারে সেটি Mg এর জারণ ক্রিয়া এইজন্য যে Mg এর সাথে অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে। ইলেকট্রনীয় মতেও এটিকে ম্যাগনেসিয়ামের জারণ-ক্রিয়া বলা হয় সম্পূর্ণ ভিন্নতর কারণে। সে কারণটি হচ্ছে এই যে এক্ষেত্রে Mg পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে ম্যাগনেসিয়াম-ক্যাটায়নে পরিবর্তিত হয় এবং অক্সিজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে অক্সাইড অ্যানায়ন গঠন করে, সুতরাং অক্সিজেন এখানে বিজারিত হচ্ছে :

$$2Mg + O_2 = 2MgO. \quad 2Mg - 4e = 2Mg^{++}, \; O_2 + 4e = 2O''.$$

$$2Mg^{++} + 2O'' = 2MgO.$$

(3) অনুরূপভাবে, $2KI + Br_2 = I_2 + 2KBr$. সাধারণ মতবাদ অনুযায়ী এই বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হচ্ছে, কারণ KI থেকে তড়িৎ-

ধনাত্মক মৌল K বিযুক্ত হচ্ছে। আয়নীয় ভাবে বিক্রিয়াটিকে লেখা যায় এইভাবে : $2I' + Br_2 = I_2 + 2Br'$. আয়োডাইড আয়ন থেকে ইলেকট্রন বর্জিত হওয়ায় আয়োডাইড আয়নের জারণ এবং ব্রোমিনে ইলেকট্রন যুক্ত হওয়ায় ব্রোমিনের বিজারণ হচ্ছে : $2I' - 2e = I_2$, $Br_2 + 2e = 2Br'$. এই সব উদাহরণ থেকেই বোঝা যাচ্ছে জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত সাধারণ মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদের মধ্যে অনেকক্ষেত্রেই সাদৃশ্য আছে, তবে একই বিক্রিয়াকে দুটি মতবাদ ভিন্নতর দৃষ্টিভঙ্গীতে বিচার করে। কয়েকটি ক্ষেত্রে অবশ্য সাধারণ মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদ সম্পূর্ণ বিপরীত হতে পারে। যেমন :

(1) সাধারণ সংজ্ঞা অনুযায়ী কোন পদার্থের রাসায়নিকভাবে হাইড্রোজেন যুক্ত হলে বিক্রিয়াটিকে বিজারণ বলা হয়। যেমন হাইড্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে সোডিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে, যেহেতু সোডিয়ামের সাথে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে, সুতরাং সাধারণ সংজ্ঞা অনুযায়ী পদ্ধতিটিকে সোডিয়ামের বিজারণ ক্রিয়াই বলতে হবে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী এটি কিন্তু সোডিয়ামের জারণ-ক্রিয়া—বিজারণ ক্রিয়া নয়। কারণ এক্ষেত্রে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে সোডিয়াম আয়ন গঠন করে এবং হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রাইড আয়ন গঠন করে : $2Na + H_2 = 2NaH$. $2Na - 2e = 2Na^+$, $H_2 + 2e = 2H^-$, $2Na^+ + 2H^- = 2NaH$. অন্যান্য উচ্চতর তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের হাইড্রাইড যৌগ গঠনের ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য।

(2) আবার, অক্সিজেনের সংযোজন হলেই যে সেটি জারণ ক্রিয়া হবে ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব এমন কথা অস্বীকার করে। যেমন, ফ্লুওরিনের সাথে ক্ষারের বিক্রিয়ায় ফ্লুওরিন মনোক্সাইড গঠিত হয়, এক্ষেত্রে ফ্লুওরিনে অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে—সুতরাং সাধারণ মতবাদ অনুযায়ী এটি ফ্লুওরিনের জারণ। কিন্তু ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী এটি ফ্লুওরিনের বিজারণ-ক্রিয়া, জারণ নয়। (এটি ফ্লুওরিনের বিজারণ এইজন্য যে ফ্লুওরিনের **জারণ-সংখ্যা** 0 থেকে হ্রাস পেয়ে ফ্লুওরিন মনোক্সাইডে − 1 হয়েছে, জারণ সংখ্যা হ্রাস পেলে পদার্থের বিজারণ ক্রিয়া হয়। জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ একসাথেই ঘটে থাকে (Oxidation and reduction take place simultaneously)

জারণ এবং বিজারণ-ক্রিয়া পরস্পরের পরিপূরক, এই দুটি ক্রিয়া একসাথেই ঘটে থাকে। কোন বস্তু জারিত বা বিজারিত হলে অপর কোন বস্তু যথাক্রমে বিজারিত বা জারিত হবেই। পূর্ববর্তী আলোচনায় জারণ-বিজারণের যে উদাহরণগুলো দেওয়া

হয়েছে, তার যে কোনটি নিয়ে আলোচনা করলেই বিষয়টি স্বচ্ছ হবে। উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করলে কিউপ্রিক অক্সাইড **বিজারিত** হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয়। একই সাথে কিন্তু হাইড্রোজেনের জারণ-ক্রিয়া ঘটছে, কারণ হাইড্রোজেনে অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন হচ্ছে :

বিজারণ ↓

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

জারণ ↑

অনুরূপভাবে, $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$. এই বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড **বিজারিত** হচ্ছে ফেরাস ক্লোরাইডে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে স্ট্যানাস-ক্লোরাইড **জারিত** হচ্ছে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে। এইভাবে যে কোন উদাহরণ নিলেই দেখানো যায় জারণ-বিজারণ ক্রিয়া একসাথেই ঘটে থাকে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ীও জারণ-বিজারণ ক্রিয়া অবশ্যই একসাথে ঘটবে। কারণ, কোন বস্তুকে **বিজারিত** হতে গেলে এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করতে হবে, এই ইলেকট্রন আসবে অপর কোন বস্তু থেকে। যে বস্তুটি থেকে ইলেকট্রন আসবে সেটি হবে **জারিত**। বিপরীতভাবে বলা যায় কোন বস্তু **জারিত** হলে সেটি এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করবে—এই ইলেকট্রন গ্রহণ করবার জন্য দ্বিতীয় কোন বস্তুকে অবশ্যই থাকতে হবে—দ্বিতীয় বস্তুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করবার ফলে হবে বিজারিত। যেমন : ফেরিক আয়ন Fe^{+3} এবং স্ট্যানাস আয়ন Sn^{+2} এর বিক্রিয়ায় একটি স্ট্যানাস আয়ন 2টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে স্ট্যানিক আয়নে (Sn^{+4}) পরিবর্তিত হয়। 2টি ফেরিক আয়ন Sn^{+2} আয়নের পরিত্যক্ত ইলেকট্রন দুটি গ্রহণ করে দুটি ফেরাস আয়নে পরিবর্তিত হয়। তাহলে স্ট্যানাস আয়ন **জারিত** হয়েছে, কিন্তু একই সাথে **বিজারিত** হয়েছে ফেরিক আয়ন :

জারণ (−2e) ↓

$$2Fe^{+3} + Sn^{+2} = 2Fe^{+2} + Sn^{+4}$$

+2e ↑

বিজারণ

$$2Fe^{+3} + 2e = 2Fe^{+2}$$
$$Sn^{+2} - 2e = Sn^{+4}$$
$$\overline{2Fe^{+3} + Sn^{+2} = 2Fe^{+2} + Sn^{+4}}\ .$$

জারক-দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য : **যে বস্তু অপরকে জারিত করে, অর্থাৎ নিজে বিজারিত হয়, তাকে বলে জারকদ্রব্য।** ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী, **জারকদ্রব্য ইলেকট্রন গ্রহণ করে** (অথবা গ্রহণের প্রবণতা দেখায়)।

CuO এবং H_2 এর বিক্রিয়াটিতে জারকদ্রব্য CuO, কারণ এটি হাইড্রোজেনকে জলে **জারিত করছে** এবং সাথে সাথে নিজে **বিজারিত হচ্ছে** ধাতব কপারে। ফেরিক আয়ন এবং স্ট্যানাস আয়নের বিক্রিয়ায় জারক-দ্রব্য ফেরিক আয়ন—কারণ এ

স্ট্যানাস আয়ন থেকে **ইলেকট্রন গ্রহণ করে,** ফলে বিজারিত হয় ফেরাস আয়নে এবং স্ট্যানাস আয়নকে স্ট্যানিক আয়নে জারিত করে।

অপরপক্ষে, **যে বস্তু অপর কোন বস্তুকে বিজারিত করে, নিজে জারিত হয় অর্থাৎ ইলেকট্রন ত্যাগ করতে পারে (অথবা ত্যাগ করবার প্রবণতা দেখায়) তাকে বলে বিজারক-দ্রব্য।** CuO এবং H_2 এর বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য H_2, কারণ H_2, CuO কে **বিজারিত করছে** কপারে এবং নিজে **জারিত হচ্ছে** জলে। Sn^{+2} এবং Fe^{+3} এর বিক্রিয়ায় Sn^{+2} আয়ন বিজারক দ্রব্য, কারণ এটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিজে Sn^{+4} এ **জারিত** হয় এবং Fe^{+3} কে Fe^{+2} এ বিজারিত করে। **বিজারক-দ্রব্য থেকে জারক-দ্রব্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়** (বা কোন কোন ক্ষেত্রে সম্পূর্ণভাবে স্থানান্তরিত না হলেও স্থানান্তরের প্রবণতা লক্ষ্য করা যায়)। সচরাচর ব্যবহৃত কয়েকটি জারকদ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের নাম নীচে দেওয়া হল :

জারক-দ্রব্য : অক্সিজেন O_2, ওজোন O_3, হাইড্রোজেন পারক্সাইড H_2O_2, নাইট্রিক অ্যাসিড HNO_3, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $KMnO_4$, পটাসিয়াম-ডাইক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$, হ্যালোজেন-মৌল F_2, Cl_2, Br_2, I_2, সোডিয়াম পারঅক্সাইড ইত্যাদি।

বিজারক-দ্রব্য : হাইড্রোজেন H_2, কার্বন C, কার্বন মনোক্সাইড CO, হাইড্রোজেন-সালফাইড H_2S, সালফার ডাইঅক্সাইড SO_2 স্ট্যানাস-ক্লোরাইড $SnCl_2$, উচ্চ পজিটিভ তড়িৎ-ধর্মী ধাতু যেমন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, জিঙ্ক ইত্যাদি।

একটি কথা মনে রাখা একান্ত প্রয়োজন—**একই দ্রব্য একটি বিক্রিয়ায় জারক এবং অপর কোন বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য হিসাবে কাজ করতে পারে।** দুটি বস্তু যখন পরস্পরের সাথে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া করে, তখন কোন্ বস্তুটি জারক এবং কোন্‌টি বিজারক-দ্রব্য হিসাবে ক্রিয়া করবে সেটি নির্ভর করবে তাদের ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের তুলনামূলক প্রবণতার উপর। ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা তুলনামূলকভাবে যার বেশী, সেটিই হবে জারক দ্রব্য, এবং এই প্রবণতা যার কম সেটিই হবে বিজারক-দ্রব্য। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করে কিন্তু আম্লিক দ্রবণে ফেরাস লবণ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্বারা জারিত হয় ফেরিক লবণে। সুতরাং **H_2O_2 প্রথম ক্ষেত্রে বিজারক** এবং **দ্বিতীয় ক্ষেত্রে জারক-দ্রব্য।** আবার, অনেকক্ষেত্রে একই বস্তু একই বিক্রিয়ায় একই সাথে

আংশিক জারিত এবং আংশিকভাবে বিজারিত হতে পারে। যেমন : হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে এটি ভেঙ্গে যায় এইভাবে : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$.

এক্ষেত্রে H_2O_2 এর অক্সিজেন অর্দ্ধপরিমাণে বিজারিত হয়েছে O^{-2} আয়নে এবং অর্দ্ধপরিমাণে জারিত হয়েছে মুক্ত অক্সিজেনে। [মনে রাখতে হবে H_2O_2 এ অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা -1, H_2O এ -2, এবং O_2 এ 0] এই ধরনের বিক্রিয়াকে **স্বতঃ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া** বলে।

জারণ সংখ্যা : (Oxidation-number) ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী জারণের অর্থ ইলেকট্রন ত্যাগ এবং বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ। আয়নীয় যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বুঝতে কোনই অসুবিধা হয় না, কারণ এক্ষেত্রে একজাতীয় পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অপরজাতীয় পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে। (উদাহরণ—NaCl গঠন পূর্বেই আলোচিত—ঐ আলোচনা দ্রষ্টব্য)। কিন্তু যৌগ যদি সমযোজীয় বা কো-ভ্যালেন্ট যৌগ হয়, তবে সংযোগী পরমাণুগুলি সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে না। যেমন HCl এ H এবং Cl সমযোজী-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত, এক্ষেত্রে H পরমাণু **সম্পূর্ণভাবে** ইলেকট্রন ত্যাগ করেনি, ক্লোরিন-পরমাণুও **সম্পূর্ণভাবে** ইলেকট্রন গ্রহণ করেনি। তাহলে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়া যার ফলে HCl উৎপন্ন হয় সেই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া নয় ? এ বিষয়ে একটু আলোচনা প্রয়োজন : ক্লোরিন হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল, অর্থাৎ নিজের দিকে ইলেকট্রন আকর্ষণ করবার প্রবণতা হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা ক্লোরিন পরমাণুর অধিক। এর ফলে HCl এ সমযোজী-বন্ধীয় ইলেকট্রন-যোড় ক্লোরিনের দিকে বেশী সরে যাবে, ফলে H পরমাণুর উপর কিছুটা পজিটিভ চার্জ এবং Cl পরমাণুর উপর কিছুটা নেগেটিভ চার্জ প্রকাশ পাবে। সুতরাং যদিও H থেকে সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন পরিত্যক্ত হয়নি এবং Cl যদিও সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ করেনি, তবুও ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণের প্রবণতার দিক থেকে বিচার করে বলা যায় H **জারিত হয়েছে** এবং Cl **বিজারিত হয়েছে**। এই সব ক্ষেত্রে (অর্থাৎ যে সব ক্ষেত্রে ইলেকট্রন পুরোপুরি স্থানান্তরিত হয় না) জারণ-বিজারণ ক্রিয়া সম্যকভাবে বুঝবার জন্য, জারণ-বিজারণের অর্থ ব্যাপকতর করবার জন্য, একটি নূতন শব্দ সম্পর্কে ধারণা দেওয়া প্রয়োজন—সেটি হল জারণ-সংখ্যা। **মুক্ত অবস্থায় বা যুক্ত অবস্থায় কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে অথবা গ্রহণ বা বর্জনের প্রবণতা দেখায়, সেই সংখ্যাটিই নির্দ্দিষ্ট নমুনায় মৌলের জারণ-সংখ্যা।**

জারণ-সংখ্যার সংজ্ঞা অন্যভাবেও দেওয়া যায়: কোন যৌগে কোন মৌলের একটি পরমাণু যে কয়টি চার্জ (পজিটিভ বা নেগেটিভ) বহন করত, যদি কিনা পদার্থটি কেবলমাত্র আয়ন দ্বারা গঠিত হত, সেই সংখ্যাটিকেই নির্দিষ্ট যৌগে মৌলের জারণ-সংখ্যা বলা হয়।

জারণ-সংখ্যা পজিটিভ হতে পারে, নেগেটিভ হতে পারে বা 0 ও হতে পারে। জারণ-সংখ্যা এবং **জারণ-অবস্থা** (Oxidation-State) একই।

কোন নির্দিষ্ট নমুনায় একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করতে গেলে কয়েকটি প্রথা-গত (Conventional) নিয়ম মনে রাখতে হবে:

(1) মুক্ত অবস্থায় (অর্থাৎ মৌল যখন অপর কারও সাথে যুক্ত হয় না) যে কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা 0.

(2) উচ্চ পজিটিভ-তড়িৎধর্মী ধাতুর হাইড্রাইড যৌগ ছাড়া যে কোন যৌগেই হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +1.

(3) সাধারণতঃ সকল যৌগেই অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −2 (ব্যতিক্রম: পারঅক্সাইড যৌগ এবং ফ্লুওরিন মনোক্সাইড, এদের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে −1 এবং +2)

(4) যুক্ত অবস্থায় ধাতুর জারণ-সংখ্যা সাধারণতঃ পজিটিভ।

(5) যে কোন যৌগে সকল পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যার যোগফল শূন্য।

(6) কোন জটিল আয়ন বা যৌগ-মূলকে সমস্ত জারণ-সংখ্যার যোগফল আয়ন বা মূলকের চার্জের সমান।

জারণ-সংখ্যা আসলে যোজ্যতারই একটি রূপ বলা যেতে পারে। তবে সাধারণতঃ যোজ্যতার মান পজিটিভ বা নেগেটিভ সংখ্যা হিসাবে প্রকাশিত হয় না, কিন্তু জারণ-সংখ্যা পজিটিভ বা নেগেটিভহতে পারে। যেমন: HCl এ হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1, কিন্তু জারণ-সংখ্যা +1, আবার এক্ষেত্রে ক্লোরিনের যোজ্যতা 1 কিন্তু জারণ-সংখ্যা −1.

জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত উদাহরণ:

(1) H_2SO_4 এ S এর জারণ-সংখ্যা কত?

এক্ষেত্রে, দুটি H এর জারণ-সংখ্যা $= +2$, এবং 4 টি O এর জারণ-সংখ্যা $4\times(-2) = -8$. S এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x.

$\therefore\ x+2-8=0$ ($\because$ H_2SO_4 এ সব পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যা $=0$)

বা $x = +6$.

(2) (a) $KMnO_4$ এ Mn এবং (b) $K_2Cr_2O_7$ এ Cr এর জারণসংখ্যা নির্ণয় কর।

(a) K এর জারণসংখ্যা +1, 4 টি O এর জারণ-সংখ্যা $=(-2)\times 4=-8$. মনে করি Mn এর জারণ-সংখ্যা x. তাহলে $x+1-8=0$, বা $x=+7$.

(b) 2 টি K এর জারণ-সংখ্যা $=(+1)\times 2=+2$.

7 টি O এর জারণ-সংখ্যা $=(-2)\times 7=-14$.

মনে করি, Cr এর জারণ-সংখ্যা $=x$. $\therefore$ 2টি Cr এর জারণ-সংখ্যা $=2x$

$\therefore\ 2x+2-14=0$, বা $x=+6$.

প্রশ্ন : (NH_3 তে N, $KClO_3$ এ Cl এবং Na_2CO_3 এ C এর জারণ-সংখ্যা কত ?)

(3) NO_3' এ N এর জারণ-সংখ্যা কত ?

মনে করি N এর জারণ-সংখ্যা x. 3 টি O এর জারণ-সংখ্যা $=(-2)\times 3=-6$.
$\therefore\ x-6=-1$ বা $x=+5$

($\because$ নাইট্রেট মূলকের চার্জ $=-1$)

জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণার ভিত্তিতে জারণ-বিজারণের নিম্নলিখিত সংজ্ঞাও দেওয়া যায় : **যে বিক্রিয়ায় কোন মৌলের পজিটিভ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বা নেগেটিভ জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় তাকে বলে জারণ-ক্রিয়া এবং যে বিক্রিয়ায় মৌলের নেগেটিভ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বা পজিটিভ জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় তাকে বলে বিজারণ ক্রিয়া।**

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাস্থাপনের জারণ-সংখ্যা পদ্ধতি : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া আদৌ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া কিনা বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থের পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণদ্বারা সেটি বলে দেওয়া যাবে। বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন না হলে, সেই বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া নয়। যেমন : (1) $NaCl+AgNO_3=NaNO_3+AgCl$ এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ? এক্ষেত্রে যৌগগুলিতে প্রতিটি পরমাণুর জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ করে পরমাণুগুলির মাথায় বন্ধনীর মধ্যে লেখা হল :

$$\overset{(+1)(-1)}{NaCl} + \overset{(+1)(+5)(-2)}{AgNO_3} = \overset{(+1)(+5)(-2)}{N_1NC_3} + \overset{(+1)(-1)}{AgCl}$$

উপরের তথ্য থেকে দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুরই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় নি। কাজেই বিক্রিয়াটি **জারণ-বিজারণ নয়।**

(2) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$. এই বিক্রিয়াটি ?

আগের মতই প্রতিটি যৌগের পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ করা হল :

$$\overset{(+4)(-2)}{MnO_2} + \overset{(+1)(-1)}{4HCl} = \overset{(+2)(-1)}{MnCl_2} + \overset{(0)}{Cl_2} + \overset{(+1)(-2)}{2H_2O}$$

বিক্রিয়াটি অবশ্যই **জারণ-বিজারণ** ক্রিয়া, কারণ দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে Mn এর জারণ-সংখ্যা (+4) থেকে কমে (+2) হচ্ছে (অর্থাৎ এটি বিজারণ) এবং ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা (−1) থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 0 হচ্ছে (এটি ক্লোরাইড আয়নের জারণ)।

(প্রশ্ন : $2H_2O+O_2=2H_2O_2$, এটি কি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ?)

জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ পদ্ধতিতে যদি দেখা যায় কোন একটি বিক্রিয়া জারণ-বিজারণ ক্রিয়া তাহলে সেই বিক্রিয়ার সমীকরণটিতে সমতাস্থাপন জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে করা যাবে এইভাবে :

(1) প্রথমে বিকারক এবং উৎপন্ন পদার্থ কি কি, সেটি ঠিক করে একটি কাঠামো-সমীকরণ (Skeleton equation) লিখতে হবে।

(2) বিকারক দ্রব্যগুলির মধ্যে কোন্‌টি জারক-দ্রব্য সেটি বেছে নিয়ে তার মধ্যেকার নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন কত হচ্ছে নির্ণয় করতে হবে (এক্ষেত্রে অবশ্যই জারণ-সংখ্যা হ্রাস পাবে)।

(3) অনুরূপভাবে, বিজারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন নির্ণয় করতে হবে (জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে)।

(4) উভয়ক্ষেত্রেই জারণসংখ্যার পরিবর্তন যাতে সমান হয় সেজন্য উপযুক্ত সংখ্যাদ্বারা গুণ করতে হবে।

(5) সমীকরণে সাম্যতা আনার জন্য দরকার হলে মূল বিকারকগুলি ছাড়াও বিক্রিয়ার মাধ্যম অনুযায়ী জল অণু, অ্যাসিড বা ক্ষারক অণু সমীকরণে ব্যবহৃত হতে পারে।

উদাহরণ : (1) আম্লিক দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইড এবং স্ট্যানিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিভিন্ন পরমাণুর প্রতীক-চিহ্নের উপর জারণ-সংখ্যা লিখে কাঠামো সমীকরণটি এইভাবে প্রকাশ করা যায় :

$$\overset{(+3)(-1)}{FeCl_3} + \overset{(+2)(-1)}{SnCl_2} \rightarrow \overset{(+2)(-1)}{FeCl_2} + \overset{(+4)(-1)}{SnCl_4}$$

দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে Fe এর জারণ-সংখ্যা +3 থেকে +2 এ কমে গেছে এবং Sn এর জারণ-সংখ্যা +2 থেকে +4 এ বৃদ্ধি পেয়েছে। অর্থাৎ প্রথমটি বিজারণ এবং দ্বিতীয়টি জারণ-ক্রিয়া। জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন প্রথম ক্ষেত্রে 1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 2 ; তাহলে $FeCl_3$ এর অণুর সংখ্যাকে 2 দিয়ে গুণ করতে হবে এবং সমতা আনবার পর সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ :

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4.$$

(2) কপার এবং মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড এবং জল উৎপন্ন হয়। তাহলে কাঠামো সমীকরণ হবে :

$$\overset{(0)}{Cu} + \overset{(+1)(+5)(-2)}{HNO_3} \rightarrow \overset{(+2)(+5)(-2)}{Cu(NO_3)_2} + \overset{(+4)(-2)}{NO_2} + \overset{(+1)(-2)}{H_2O}.$$

Cu এর জারণ-সংখ্যা 0 থেকে +2 তে বৃদ্ধি পেয়েছে, সুতরাং Cu জারিত হয়েছে। N এর জারণ-সংখ্যা +5 থেকে +4 এ কমে গেছে। সুতরাং HNO_3 বিজারিত হয়েছে। প্রথম ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 2 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্র I অর্থাৎ, I টি Cu বিক্রিয়া করবে 2টি HNO_3 অণুর সাথে :

$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O.$ কিন্তু $Cu(NO_3)_2$ এ 2 টি NO_3 মূলকের জন্য আরও 2টি HNO_3 অণু প্রয়োজন, কাজেই সমীকরণটি হবে :

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O.$$

(3) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং ফেরাস সালফেটের বিক্রিয়া ;

$$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O.$$

মূল বিকারক : $FeSO_4$ এবং $KMnO_4$.

জারণ-সংখ্যা নির্দেশকারী কাঠামো-সমীকরণ :

$$\overset{(+2)(+6)(-2)}{FeSO_4} + \overset{(+1)(+7)(-2)}{KMnO_4} \rightarrow \overset{(+3)(+6)(-2)}{Fe_2(SO_4)_3} + \overset{(+2)(+6)(-2)}{MnSO_4}$$

তাহলে $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$ এ জারিত হচ্ছে এবং একটি Fe এর জন্য জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন I ; $KMnO_4$ বিজারিত হচ্ছে, Mn এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 5 ; তাহলে $FeSO_4$ এবং $KMnO_4$ এর বিক্রিয়া হবে 5 : 1 এই অণুসংখ্যার অনুপাতে। কিন্তু ফেরিক সালফেটে Fe এর 2টি পরমাণু আছে। সুতরাং সমীকরণে সাম্যতা আনার জন্য অনুপাতটিকে দ্বিগুণ করতে হবে, অর্থাৎ অনুপাতটি হবে 10 : 2. তাহলে

সমীকরণটি হচ্ছে $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + nH_2SO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + H_2O$, এখন, $5Fe_2(SO_4)_3$, K_2SO_4 এবং $2MnSO_4$ এর জন্য মোট SO_4 মূলকের প্রয়োজন 18টি $(5\times3+1+2)$, এর মধ্যে 10টি পাওয়া যাচ্ছে $FeSO_4$ থেকে। তাহলে বাকী 8টির জন্য H_2SO_4 লাগবে 8 অণু, অর্থাৎ $n=8$. সুতরাং সমিত সমীকরণ: $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$.

জারক-দ্রব্য এবং বিজারক-দ্রব্যের তুল্যাঙ্কভার :

এক অণু জারক বা বিজারক-দ্রব্য বিজারিত বা জারিত হবার জন্য জারণ-সংখ্যার যে পরিবর্তন হয় সেই সংখ্যা-দ্বারা জারক বা বিজারক দ্রব্যের আণবিক ওজনকে ভাগ করলে দ্রব্যটির তুল্যাঙ্ক ভার পাওয়া যায় :

(1) $\overset{(+7)}{KMnO_4} \rightarrow \overset{(+2)}{Mn}$ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট আম্লিক মাধ্যমে উপযুক্ত বিজারক-দ্রব্য দ্বারা ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হলে Mn এর জারণ-সংখ্যা +7 থেকে হ্রাস পেয়ে +2 হয়। অর্থাৎ জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 5 ; ∴ আম্লিক মাধ্যমে বিক্রিয়াকালে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{1}{5} \times KMnO_4$ এর আণবিক ওজন $= 31{\cdot}6$

(2) $\overset{(+6)}{K_2Cr_2O_7} \rightarrow \overset{(+3)}{Cr}$. আম্লিক মাধ্যমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ক্রোমিক লবণে বিজারিত হবার কালে প্রতি ক্রোমিয়াম পরমাণুর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় 3 ; এক অনু ডাইক্রোমেটে 2 টি Cr পরমাণু থাকে, 2 টি Cr এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 6.

$$\therefore\ K_2Cr_2O_7 \text{ এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{6} = \frac{294{\cdot}2}{6} = 49{\cdot}04.$$

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী **এক অণু জারক বা বিজারক-দ্রব্য বিজারিত বা জারিত হবার জন্য যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে, সেই সংখ্যাদ্বারা দ্রব্যটির আণবিক ওজনকে ভাগ করলে দ্রব্যটির তুল্যাঙ্কভার পাওয়া যায়।**

(1) ফেরিক ক্লোরাইড যখন **জারক-দ্রব্য হিসাবে** ক্রিয়া করে তখন এটি বিজারিত হয় ফেরাস ক্লোরাইডে : $FeCl_3 \rightarrow FeCl_2$. এই বিক্রিয়ায় আসলে Fe^{+3} বিজারিত হয় Fe^{+2} আয়নে : $Fe^{+3} + e \rightarrow Fe^{+2}$. ফেরিক আয়ন 1 টি ইলেকট্রন

গ্রহণ করে, 1 টি Fe^{+3} আসে 1 অণু $FeCl_3$ থেকে। ∴ $FeCl_3$ এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{আণবিক-ওজন}}{2}=162.4$. [সাধারণ **লবণ হিসাবে** কিন্তু $FeCl_3$ এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{আণবিক ওজন}}{Fe^{+3}\text{এর যোজ্যতা } 3}=54.1$].

(2) আম্লিক মাধ্যমে অক্সালিক অ্যাসিড $H_2C_2O_4.\ 2H_2O$ জারিত হয় কার্বন-ডাই-অক্সাইডে :

$$\overset{(+3)}{H_2C_2O_4} \rightarrow \overset{(+4)}{2CO_2}+2H^++2e.$$ এক অণু অক্সালিক অ্যাসিড জারিত হতে 2টি ইলেকট্রন বর্জিত হয়। ∴ অক্সালিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার (বিজারক-দ্রব্য হিসাবে) $=\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}=\frac{126}{2}=63$. আবার প্রতি পরমাণু C এর জারণ সংখ্যার পরিবর্তন 1 (+3 থেকে +4), 2 টি C এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন = 2. সেক্ষেত্রেও তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}$.

[প্রশ্ন : ক্ষারীয় মাধ্যমে $KMnO_4$ বিজারিত হয় MnO_2 এতে। তাহলে $KMnO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার কত হবে ? জারণ-সংখ্যা পরিবর্তন পদ্ধতিতে নির্ণয় কর।]

ধাতব মৌলেদের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী :

নীল কপার-সালফেট দ্রবণে কিছু ধাতব জিঙ্ক-চূর্ণ যোগ করলে দেখা যায় জিঙ্কচূর্ণ ঐ দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং লাল ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত হয় : $CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$. অপরপক্ষে, জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে ধাতব কপার যোগ করলে কিন্তু কোন বিক্রিয়াই হয় না। প্রথম বিক্রিয়াটির আয়নীয় সমীকরণ হচ্ছে $Cu^{++}+Zn=Zn^{++}+Cu$; উপরের তথ্য বিশ্লেষণ করে বলা যায় দ্রবণে Zn এর Zn^{++} আয়ন গঠনের প্রবণতা, কপারের Cu^{++} আয়ন গঠনের প্রবণতা অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে বেশী। [কারণ দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি **ঘটলে সমীকরণ হত** $Zn^{++}+Cu=Cu^{++}+Zn$ কিন্তু এটি হয় না।]

শুধু Zn এবং Cu নয়, বিভিন্ন ধাতব পরমাণুর দ্রবণে পজিটিভ ধাতব আয়ন-গঠনের প্রবণতার তুলনামূলক আলোচনা সম্ভবপর। কোন ধাতুর পজিটিভ আয়ন গঠনের প্রবণতা খুবই বেশী আবার কোনটির বা খুবই কম। একটি ধাতুর পাত ঐ ধাতুরই লবণের দ্রবণে ডোবালে ধাতব-পরমাণুর ধাতব আয়ন গঠন এবং ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণু গঠনের তুলনামূলক প্রবণতার উপর নির্ভর করে ধাতুর পাত এবং দ্রবণের মধ্যে একটি তড়িত-বিভব পার্থক্যের (potential-difference) সৃষ্টি হবে।

ধাতব পরমাণুর আয়ন গঠনের ঝোঁক বেশী হলে এই তড়িৎ বিভব হবে জারণ-বিভব এবং আয়নের পরমাণু গঠনের ঝোঁক বেশী হলে তড়িৎ-বিভব হবে বিজারণ বিভব। এই তড়িৎ-বিভব প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত হতে পারে। প্রমাণ অবস্থায় (25°C উষ্ণতায় এবং যখন আয়নের মোলার গাঢ়ত্ব 1) এই তড়িৎ বিভবকে বলে প্রমাণ তড়িৎ-বিভব (standard electrode potential)। প্রচলিত প্রথা অনুযায়ী হাইড্রোজেনের প্রমাণ তড়িৎ-বিভব 0 ধরা হয় এবং এই আপেক্ষিকেই অন্যদের তড়িৎ-বিভব নির্ণীত হয়। কোন ধাতুর প্রমাণ জারণ-বিভব বেশী হলে, ধাতুটির জারিত হবার প্রবণতা বেশী অর্থাৎ ধাতব পরমাণুর পজিটিভ ধাতব-আয়ন গঠনের প্রবণতা বেশী। জারণ বিভব কম হলে পজিটিভ আয়ন গঠনের প্রবণতা কম হবে। অপরপক্ষে প্রমাণ বিজারণ বিভব বেশী হলে ধাতব-আয়নের পরমাণু গঠনের প্রবণতা অর্থাৎ আয়নের বিজারিত হবার প্রবণতা বেশী হবে।

ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমের ক্রমহ্রাসমান প্রমাণ জারণ-বিভবের মান অনুযায়ী বা ক্রমবর্দ্ধমান প্রমাণ বিজারণ-বিভবের মান অনুযায়ী ধাতু-গুলিকে পর পর একটি শ্রেণীতে সাজালে সেই শ্রেণীকে ধাতব মৌলের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বলে। এই শ্রেণীতে হাইড্রোজেনও বর্তমান থাকে। বা, অন্যভাবে বলা যায়: **দ্রবণে পজিটিভ ধাতব-আয়ন গঠনের ক্রমহ্রাসমান বা ধাতব আয়নের ধাতব-পরমাণু গঠনের ক্রমবর্দ্ধমান প্রবণতা অনুযায়ী ধাতুগুলিকে একটি শ্রেণীতে পরপর সাজালে, সেই শ্রেণীকে বলে ধাতব মৌলগুলির তড়িৎ-বিভব শ্রেণী।** এই শ্রেণীর কিছুটা অংশ সারণী A.7.1 এ দেখানো হল:

এই শ্রেণী থেকে অনেক গুরুত্বপূর্ণ তথ্য জানা যেতে পারে। যেমন: (1) শ্রেণী-শীর্ষে অবস্থিত ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা বা জারিত হবার প্রবণতা (অর্থাৎ ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বা তড়িৎ-ধনাত্মকতা) খুবই বেশী, যত নীচের দিকে অবতরণ করা যাবে, ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা ততই কমে যাবে। শ্রেণীর নীচের দিক থেকে উপরে উঠলে ঠিক উল্টো ঘটনা ঘটবে। অর্থাৎ যত উপরের দিকে অগ্রসর হওয়া যাবে, ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা বাড়বে।

(2) তালিকায় হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু জল বা লঘু অজারক অ্যাসিড থেকে এবং কোন কোন ধাতু ক্ষার দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে, কিন্তু হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত ধাতু সেটি পারে না। যেমন Zn লঘু H_2SO_4 থেকে H_2 প্রতিস্থাপিত করতে পারে, কিন্তু Cu পারে না। (লেড অবশ্য লঘু HCl বা

H_2SO_4 থেকে H_2 প্রতিস্থাপন করতে পারে না। কারণ লেডের উপর অদ্রাব্য $PbCl_2$ বা $PbSO_4$ এর আস্তরণ পড়ায় বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। কিন্তু উত্তপ্ত HCl বা লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড থেকে Pb হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে।)

(3) শ্রেণীটির যত নীচের দিকে নামা যাবে ধাতুর সক্রিয়তা এবং আয়ন গঠনের প্রবণতা কমে যাবে বা আয়নের ধাতব পরমাণুতে বিজারিত হবার প্রবণতা তত বেড়ে যাবে। এর ফলে শ্রেণীর উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু নিম্নতরস্থানে অবস্থিত ধাতুকে তার যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। কিন্তু সাধারণতঃ বিপরীত ক্রিয়াটি হয় না, অর্থাৎ নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতু উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতুকে তার যৌগ থেকে (দ্রবণে) প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। আলোচনার প্রারম্ভেই এর উদাহরণ দেওয়া হয়েছে। [মনে রাখতে হবে, উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতু অপেক্ষা উচ্চতর পজিটিভ তড়িৎ-ধর্মী। অর্থাৎ প্রথম ধাতুটির ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা অধিকতর।]

(প্রঃ $FeSO_4$ দ্রবণ থেকে Fe কি Al দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে পারে?)

(4) তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর যত নীচের দিকে যাওয়া যাবে, ধাতুগুলির তড়িৎ-ধনাত্মকতা তত কমে আসবে, সাথে সাথে ধাতব-অক্সাইডের স্থায়ীত্ব কমে যাবে। (যেমন HgO এবং Ag_2O উত্তপ্ত করলেই ভেঙ্গে যায়)।

↑ এই দিকে বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়

Li
K
Ba
Sr
Ca
Na
Mg
Al
Mn
Zn
Fe
Cd
Co
Ni
Sn
Pb
$\frac{1}{2}H_2$
Cu
Hg
Ag

↓ তীর চিহ্নের দিকে জারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়

সারণী A 7.1
ধাতব মৌলসমূহের তড়িত-বিভব শ্রেণী

অনুশীলনী

(1) **কোনটি ঠিক?**

(i) জারণের অর্থ (a) ইলেকট্রন-গ্রহণ (b) ইলেকট্রন ত্যাগ।

(ii) বিজারণের অর্থ (a) জারণ-সংখ্যা হ্রাস (b) জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি।

(iii) জারক-দ্রব্য ইলেকট্রন (a) গ্রহণ করে (b) বর্জন করে।

(iv) $BaCl_2+H_2SO_4=BaSO_4+2HCl$ এই বিক্রিয়াটি (a) জারণ-বিজারণ (b) জারণ-বিজারণ নয়।

(v) জারণ বিজারণ ক্রিয়া ঘটে (a) একই সাথে (b) এক সাথে নয়।

(2) জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা এবং জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণা-ভিত্তিক সংজ্ঞা দাও। দুটি উদাহরণ নিয়ে বুঝিয়ে দাও।

(3) "জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত সাধারণ মতবাদ এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ পরস্পর বিরোধী নয়।" উদাহরণসহ আলোচনা কর।

(4) "জারণ-বিজারণ ক্রিয়া একসাথেই ঘটে থাকে"—আলোচনা কর। $C+O_2=CO_2$ এই বিক্রিয়ায় C ইলেকট্রন ত্যাগ করে না বা O ইলেকট্রন গ্রহণ করে না। তবুও কি বিক্রিয়াটিকে আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গীতে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বলা যায়?

(5) জারণ-সংখ্যার সংজ্ঞা দাও। জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণা দেবার প্রয়োজনীয়তা কি? জারণ-সংখ্যা এবং যোজ্যতার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?

(6) ধাতব মৌলের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বলতে কি বোঝা যায়? লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করলে কোন বিক্রিয়া হবে কি? Ag কি লঘু H_2SO_4 দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে?

(7) নীচের বিক্রিয়াগুলির কোনটি জারণ-বিজারণ এবং কোন্‌টি নয়?

(a) $PbCl_2+H_2S=PbS+2HCl$

(b) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$.

(c) $KI+AgNO_3=AgI+KNO_3$. (d) $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$.

(e) $Pb(NO_3)_2+K_2CrO_4=PbCrO_4+2KNO_3$.

(f) $Cl_2+H_2O=HCl+HClO$.

(8) জারণ-সংখ্যা নির্ণয় কর:

(a) HNO_3 এ N এর, (b) H_3PO_4 এ P এর (c) $Na_2S_2O_3$ এ S এর, (d) $Cr_2(SO_4)_3$ এ Cr এর (e) H_2O_2 এ O এর (f) HIO_3 এ I এর।

(9) নীচের সমীকরণগুলিতে জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে সাম্য আনয়ন কর:

(a) $H_2S+Cl_2 \rightarrow S+HCl$,

(b) $Cu+HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+NO+H_2O$.

(c) $HCl+KMnO_4 \rightarrow Cl_2+KCl+MnCl_2+H_2O$

(d) $Cu+H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+H_2O$.

(e) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$.

(f) $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + O_2$.

(10) Explain the terms Oxidation and Reduction.

Classify any four of the following Substances as oxidising or reducing agent, giving one chemical equation in each case in illustration of their behaviour as such :

(a) Hydrogen peroxide, (b) Corbon monoxide, (c) Nitric acid (d) Sulphuric acid, (e) Chlorine, (f) Copper oxide (g) Hydroiodic acid, (h) Sulhur dioxide. (H. S. Comp, 1965)

(11) 9 নং প্রশ্নের সমীকরণগুলিতে জারক-দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যগুলির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

(12) একই দ্রব্য কি একটি বিক্রিয়ায় জারক-দ্রব্য এবং অপর বিক্রিয়ায় বিজারক-দ্রব্য হিসাবে কাজ করতে পারে ? দুটি উদাহরণ দাও। [H_2O_2 এবং SO_2 দ্রষ্টব্য]

অষ্টম অধ্যায়

গ্যাসের ধর্ম

নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। (কোন গ্যাসের আয়তন প্রকাশ করতে হলে তার চাপ ও উষ্ণতার কথাও উল্লেখ করতে হয়)। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক আবিষ্কার করেন ইংরাজ পদার্থবিদ রবার্ট বয়েল 1662 সালে। এই সূত্র বয়েল-সূত্র হিসাবে পরিচিত। আর চাপ অপরিবর্তিত থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সাথে উষ্ণতার সম্পর্ক আবিষ্কার করেন ফরাসী পদার্থবিদ চার্লস (1802 সালে) (চার্লস সূত্র)।

বয়েল-সূত্র : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন তার চাপের সাথে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন তার উপর চাপ বৃদ্ধির অনুপাতে কমে এবং চাপ হ্রাসের অনুপাতে বাড়ে। তাহলে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের উপর চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে তার আয়তন অর্দ্ধেক হয়ে যাবে, চাপ যদি 3 গুণ করা হয় তবে আয়তন এক তৃতীয়াংশ হয়ে যাবে ; আবার চাপ যদি অর্দ্ধেক কমানো হয় তবে আয়তন দ্বিগুণ হবে, চাপ যদি এক তৃতীয়াংশ কমানো হয় আয়তন 3 গুণ হবে।

বয়েল-সূত্রের আংকিক প্রকাশ : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় (T) নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V এবং চাপ P হলে, বয়েল সূত্র অনুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \quad .... \quad (1)$$ যখন T অপরিবর্তিত থাকে।

$$\therefore \; V = K \times \frac{1}{P} \quad .... \quad (2)$$ K একটি ধ্রুবক, K এর মান গ্যাসের উষ্ণতা ও পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।

বা, $PV = K$ (একটি ধ্রুবক) ... (3)

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন ও চাপের গুণফল সর্বদা সমান হয় এবং ইহা একটি নিত্য সংখ্যা (ধ্রুবক)। যদি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় P_1 চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V_1 হয় এবং P_2 চাপে আয়তন V_2 হয়,

তাহলে $$P_1V_1 = K = P_2V_2 \quad ... \quad (4)$$

অর্থাৎ, $$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4 = \; ... \; = K \cdots (5)$$

[নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের $P_1, P_2, P_3, P_4 \cdots$ চাপে আয়তন যথাক্রমে $V_1, V_2, V_3, V_4 \ldots$]

এখানে মনে রাখতে হবে যে বিভিন্ন চাপ একই এককে প্রকাশ করতে হবে। অনুরূপভাবে বিভিন্ন আয়তনও সর্বদা একই এককে প্রকাশ করতে হবে। সমীকরণ (4) ব্যবহার করে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপের পরিবর্তনের ফলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের যে আয়তন হয় সহজেই বার করা যায় : $V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2}$ ... (6)

বয়েল-সূত্র ও গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক :

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় P_1 সেন্টিমিটার চাপে কোন গ্যাসের M গ্রাম ওজনের আয়তন যদি V_1 ঘ. সে. হয় তবে গ্যাসের ঘনত্ব, $D_1 = \frac{M}{V_1}$ ... (7) আবার, ঐ উষ্ণতায় P_2 সে. মি. চাপে একই ওজনের গ্যাসের আয়তন V_2 ঘ. সে. হলে, ঘনত্ব, $D_2 = \frac{M}{V_2}$ ....(8)। অর্থাৎ, $D \propto \frac{1}{V}$। সুতরাং, কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার আয়তনের সাথে বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয় (নির্দিষ্ট উষ্ণতায়)। (7)নং এবং (8)নং সমীকরণ থেকে, $V_1 D_1 = V_2 D_2$ বা, $V_1/V_2 = D_2/D_1$...(9)

আবার বয়েল সূত্র অনুযায়ী, $V_1/V_2 = P_2/P_1$ [(4)নং সমী. থেকে]... (10)

$\therefore$ (9)নং ও (10)নং সমীকরণ থেকে $D_1/D_2 = P_1/P_2$ ··· (11)

$\therefore$ $D \propto P$ (নির্দিষ্ট উষ্ণতায়)। অর্থাৎ, **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার চাপের সাথে সমানুপাতিক।**

চার্লস-সূত্র : বিজ্ঞানী চার্লস ও গে-লুসাক বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস নিয়ে নির্দিষ্ট চাপে গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতা সংক্রান্ত পরীক্ষার দ্বারা গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতার পরিবর্তনের সাথে আয়তন পরিবর্তনের সম্পর্ক নির্ণয় করেন। যদি **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ** কোন গ্যাসের আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_0 হয় এবং t° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন বেড়ে V_t দাঁড়ায়, তবে ঐ চাপে প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ হল $\frac{V_t - V_0}{t}$ এবং প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ হল $\frac{1}{V_0}\left(\frac{V_t - V_0}{t}\right)$। নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট আয়তন **যে কোন গ্যাসের জন্য** প্রতি

ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধিতে এই আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ অর্থাৎ, $\frac{1}{V_0}\left(\frac{V_t - V_0}{t}\right)$ সমান এবং এর মান হল 1/273 ; একে বলে প্রসারাঙ্ক (co-efficient of expansion, γ) এবং এর একক হল ডিগ্রী$^{-1}$। চার্লস এবং গে-লুসাক প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা ইহা প্রমাণ করেন। এখন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমান, $\gamma = \frac{1}{V_0}\left(\frac{V_t - V_0}{t}\right) = \frac{1}{273}$ ....(12)

সুতরাং, $t°$ সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে মোট আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ,

$$V_t - V_0 = \frac{1}{273} \times V_0 \times t \text{ বা, } V_t = V_0 + \frac{V_0}{273} t \quad .... (13)$$

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার যে আয়তন তার 1/273 অংশ বেড়ে যায় ; গ্যাসের উষ্ণতা হ্রাস করলে গ্যাস সংকুচিত হয় এবং সে ক্ষেত্রেও একই নিয়ম মেনে চলে। নির্দিষ্ট চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের সাথে যে কোন গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের এই সম্বন্ধকে একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করা যায় এবং এই সূত্র চার্লস-সূত্র নামে পরিচিত : **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার যে আয়তন তার 1/273 অংশ প্রসারিত হয় এবং প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার আয়তনের 1/273 অংশ সঙ্কুচিত হয়।** তাহলে, নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসর আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_0 হলে (1) ঐ চাপে $t°$ সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে তার আয়তন, $V_t = V_0 + \frac{V_0}{273} t = V_0(1 + t/273)$; (2) ঐ চাপে $t°$ সে. উষ্ণতা হ্রাসে তার আয়তন, $V_{-t} = V_0 - \frac{V_0}{273} t = V_0(1 - t/273)$।

[প্রশ্ন 8.1 : প্রমাণ চাপে 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন 5° সে., 20° সে., 40° সে., −10° সে., −20 সে. উষ্ণতায় কত হবে ?

প্রশ্ন 8.2 : 0° সে. উষ্ণতায় নির্দিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 100 ঘ. সে. হলে কত উষ্ণতায় ঐ চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসটির আয়তন দ্বিগুণ ও তিনগুণ হবে ?]

পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা (Absolute Zero and absolute temperature) : নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_0 ঘ. সে. হলে $-t°$ সে. উষ্ণতায় ঐ চাপে গ্যাসটির আয়তন হবে $V_0(1 - t/273)$।

বা, $V_0\left(\frac{273-t}{273}\right)$ ঘ. সে. (চার্লস সূত্র)। তাহলে -273° সে. ($t=273$) উষ্ণতায় ঐ চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসটির আয়তন হবে $V_0\left(\frac{273-273}{273}\right)$ বা 0 ঘ. সে.। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসকে নির্দিষ্ট চাপে -273° সে. উষ্ণতায় (প্রকৃত মান $-273{\cdot}15^\circ$ সে.) শীতল করলে গ্যাসের আয়তন লোপ পাবে। [এখন, প্রশ্ন হল সত্যই কি -273° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন লোপ পায় অর্থাৎ পদার্থের লয় হয়? প্রকৃতপক্ষে তা নয়, কারণ -273° সে. উষ্ণতার আগেই প্রতিটি গ্যাসই তরলে পরিণত হয়ে যায় এবং তরল অবস্থায় বয়েল সূত্র এবং চার্লস সূত্র প্রযোজ্য নয়। এখন যদি কল্পনা করা যায় কোন গ্যাস শীতল করলে তরলে পরিণত হয় না, তবে উষ্ণতা হ্রাসের সাথে তার আয়তন ধীরে ধীরে কমতে থাকবে এবং -273° সে. উষ্ণতায় তার আয়তন লোপ পাবে। এই ধরনের গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলে। আদর্শ গ্যাস কাল্পনিক গ্যাস।] এই উষ্ণতার নীচে কোন গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হবে। এই উষ্ণতাকে বলে **পরম শূন্য**। পরম শূন্যে কোন আদর্শ গ্যাসের আয়তন শূন্য হবে এবং এই উষ্ণতার নীচে গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হবে। এই ভিত্তিতে লর্ড কেলভিন একটি নূতন উষ্ণতার স্কেল উদ্ভাবন করেন। এই স্কেল অনুসারে 0 বিন্দু হল -273° সে. এবং এই বিন্দু থেকে সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী অনুসারে উষ্ণতা মাপা হয়। এই স্কেলে উষ্ণতাকে পরম উষ্ণতা বলে এবং উষ্ণতার এই স্কেলকে পরম উষ্ণতা স্কেল বলে। উদ্ভাবকের নাম অনুসারে এই স্কেলকে উষ্ণতার কেলভিন স্কেলও বলা হয়। এই স্কেল অনুসারে উষ্ণতাকে $T^\circ A$ বা $T^\circ K$ হিসাবে চিহ্নিত করা হয় (সেন্টিগ্রেড স্কেলে উষ্ণতাকে $t^\circ C$ হিসাবে চিহ্নিত করা হয়)। তাহলে, সেন্টিগ্রেড ও কেলভিন উষ্ণতা স্কেলের মধ্যে সম্বন্ধ হল : $T(^\circ K) = t(^\circ C)+273$ ... ... (14) ; অর্থাৎ, $0^\circ C$ হল $273^\circ K$, $27^\circ C$ হল $300^\circ K$, $100^\circ C$ হল $373^\circ K$ ইত্যাদি।

পরম উষ্ণতা ও চার্লস সূত্র : গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতার মধ্যে সম্পর্ক :

নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন t° সে. উষ্ণতায় V এবং 0° সে. উষ্ণতায় V_0 হলে : $V=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)=V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$

বা, $\frac{V}{V_0}=\frac{273+t}{273}=\frac{T}{T_0}$ [পরম উষ্ণতা স্কেলে 0° সে. হল $273^\circ K$; এই উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন হল V_0 ; এখন $T_0=0+273=273$, $T=t+273$]

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার পরম উষ্ণতার সাথে সমানুপাতিক। এই সূত্রও চার্লস-সূত্র বা গে-লুসাকের সূত্র নামে পরিচিত। তাহলে, কোন গ্যাসের আয়তন V এবং পরম উষ্ণতা T হলে,

$V \propto T$ যখন গ্যাসের ভর ও চাপ অপরিবর্তিত থাকে।

বা, $V=KT$ ⋯ (15) যখন K একটি ধ্রুবক—এর মান গ্যাসের ভর ও চাপের উপর নির্ভরশীল।

$\therefore$ $V/T=K$ (একটি ধ্রুবক) ⋯ (16) যখন গ্যাসের ভর ও চাপ নির্দিষ্ট।

তাহলে, নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন T_1°K উষ্ণতায় V_1 এবং T_2°K উষ্ণতায় V_2 হলে,

$V_1/T_1=V_2/T_2$ বা, $V_2=V_1\times T_2/T_1$ ⋯ (17)

(17) নং সমীকরণ ব্যবহার করে নির্দিষ্ট চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের যে আয়তন হয় সহজেই বার করা যায়।

উদা. 1. 27° সে. উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুর আয়তন কোন নির্দিষ্ট চাপে 600 ঘ. সে. হলে ঐ চাপে ঐ পরিমাণ বায়ুর আয়তন −10° সে. উষ্ণতায় কত হবে?

এখানে, $V_1=600$ ঘ. সে. $V_2=?$

$T_1=27+273=300$°K $T_2=273-10=263$°K

এখন, $V_2=V_1\dfrac{T_2}{T_1}=600$ ঘ. সে. $\times\dfrac{263°K}{300°K}=526$ ঘ. সে. (উঃ)।

[প্রশ্ন 8.1: প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 8 গ্রা. ও 16 গ্রা. অক্সিজেনের আয়তন কত হবে? উভয় ক্ষেত্রেই $V=KT$ এই সম্পর্ক প্রযোজ্য। উভয় ক্ষেত্রেই কি K-এর মান একই হবে? উভয় ক্ষেত্রে K-এর মান নির্ণয় করে দেখাও।]

বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্রের সমন্বয়: গ্যাস সমীকরণ: আদর্শ গ্যাস সমীকরণ:

নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V, চাপ P এবং পরম উষ্ণতা T হলে,

বয়েল সূত্রানুযায়ী $V \propto \dfrac{1}{P}$, যখন T একটি ধ্রুবক।

এবং চার্লস সূত্রানুযায়ী $V \propto T$, যখন P একটি ধ্রুবক।

সুতরাং, $V \propto \dfrac{T}{P}$, যখন T এবং P উভয়েই পরিবর্তনীয় (vary)।

বা, $V=K\times\frac{T}{P}$, যেখানে K একটি ধ্রুবক ; K এর মান গ্যাসের প্রকৃতি ও পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। K এর মান P, V এর এককের উপরেও নির্ভর করে।

বা, $PV=KT$ ... ... (18)

বা, $\frac{PV}{T}=K$ (একটি ধ্রুবক) ... ... (19)

এই সমীকরণ গ্যাস সমীকরণ নামে পরিচিত। যদি নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের বিভিন্ন অবস্থায় চাপ, আয়তন ও পরম উষ্ণতা যথাক্রমে P_1, V_1, T_1 ; P_2, V_2, T_2 ; P_3, V_3, T_3 ; ... ; P_n, V_n, T_n হয়, তাহলে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{P_3V_3}{T_3}=\cdots=\frac{P_nV_n}{T_n}\ldots \quad (20)$$

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ : অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্রের সাহায্য নিয়ে $PV/T=K$ এই সমীকরণকে সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায়। অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্রানুসারে একই চাপ ও উষ্ণতায় সমায়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। সুতরাং, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় 1 মোল যে কোন গ্যাসের আয়তন একই হবে। সুতরাং, 1 মোল যে কোন গাসের ক্ষেত্রে K-এর মান একই হবে—অর্থাৎ, K এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করবে না। তাহলে, 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য PV/T একটি সার্বিক ধ্রুবক (universal constant)—এই ধ্রুবক R দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সুতরাং, 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য

$$\frac{PV}{T}=R \quad \text{বা,} \quad PV=RT \quad \cdots \quad (21)$$

R কে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয়।

(21) নং সমীকরণ আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য তিনটি সূত্রের—বয়েল-সূত্র, চার্লস-সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্রের মিলিত সমীকরণ। এই সমীকরণ **আদর্শ গ্যাস সমীকরণ** নামে পরিচিত। *n* মোল যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে এই সমীকরণ হল :

$$PV=nRT \quad \cdots \quad \cdots \quad (22)$$

M আণবিক ওজন বিশিষ্ট *g* গ্রাম পরিমাণ কোন গ্যাসের মোলের সংখ্যা (n) হল g/M, তাহলে গ্যাস সমীকরণকে নিম্নের মত লেখা যায় :

$$PV=\frac{g}{M}RT \quad \ldots \quad \cdots \quad (23)$$

$$\text{বা, } P = \frac{g}{V} \cdot \frac{RT}{M}$$

$$\text{এখন } \frac{g}{V} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \text{ঘনত্ব } (\rho)$$

$$\text{তাহলে, } \quad P = \rho \frac{RT}{M} \quad \ldots \quad (24)$$

(24) নং সমীকরণ হল গ্যাস সমীকরণের একটি প্রকাশ। এই সমীকরণ থেকে দেখা যায় নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ তার ঘনত্বের সাথে সমানুপাতিক। অর্থাৎ, $P \propto \rho$ বা, $\frac{P}{\rho}$ = একটি ধ্রুবক।

গ্যাস ধ্রুবক, R : বিভিন্ন এককে R-এর মান :

(1) 1 মোল যে কোন গ্যাস 0° সে. অর্থাৎ 273° K উষ্ণতায় ও 1 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 22·414 লিটার আয়তন অধিকার করে। তাহলে, $R = \frac{PV}{nT}$

$= \frac{1 \text{ অ্যাটমস্.} \times 22\cdot414 \text{ লি.}}{1 \text{ মোল} \times 273 \text{ K}} = 0\cdot08205$ লিটার-অ্যাটমস্ K^{-1}, মোল$^{-1}$।

R-এর এই মান ব্যবহার করতে হলে আয়তনকে লিটারে এবং চাপকে অ্যাটমস্ফিয়ারে প্রকাশ করতে হবে। P এবং V কে অন্য যে কোন এককে প্রকাশ করা যায়— তাহলে R-এর আংকিক মানের এবং এককের পার্থক্য হবে। T কে সর্বদা পরম উষ্ণতায় প্রকাশ করতে হবে। গ্যাসের চাপ-আয়তন সংক্রান্ত গণনায় চাপকে অ্যাটমস্ফিয়ারে এবং আয়তনকে লিটারে পরিবর্তিত করে R-এর 0·08205 লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার K^{-1} মোল$^{-1}$ এই মান ব্যবহারই সুবিধাজনক।

[প্রশ্ন 8·2 ; R এর মান ঘ. সে. —অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$ এ প্রকাশ কর।]

(2) চাপকে ডাইন/বর্গ সেন্টিমিটার এবং আয়তনকে ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করলে R কে আর্গে প্রকাশ করা যায়।

P = 1 অ্যাটমস্ = 76 × 13·595 × 980·66 ডাইন/বর্গ সে. মি. [1 অ্যাটমস্ চাপ হল 0° সে. উষ্ণতায় 1 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন 76 সে.মি. পারদস্তম্ভের চাপের সমান। 0° সে. উষ্ণতায় পারদের ঘনত্ব হল 13·595 গ্রা/ঘ. সে. এবং 980·66 সে.মি/সেকেণ্ড/সেকেণ্ড হল অভিকর্ষজ ত্বরণ]

V = 22414 ঘ.সে., T = 273°K

সুতরাং, $R=\frac{PV}{nT}=\frac{(76\times13{\cdot}595\times980{\cdot}66)\times22414}{1\times273}$

$=8{\cdot}314\times10^7$ আর্গ K^{-1} মোল$^{-1}$

এখন, 1 জুল $=10^7$ আর্গ এবং 1 ক্যালোরি $=4{\cdot}184$ জুল

সুতরাং, $R=8{\cdot}314\times10^7$ আর্গ K^{-1} মোল$^{-1}$

$=8{\cdot}314$ জুল K^{-1} মোল$^{-1}$

$=1{\cdot}987$ ক্যালোরি K^{-1} মোল$^{-1}$

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা (N. T. P. বা S. T. P.) : গ্যাসের আয়তন তার চাপ ও উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। কোন গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট করতে হলে তার চাপ ও উষ্ণতা উল্লেখ করতে হবে। এখন বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার একই অবস্থায় জানা থাকলে তাদের মধ্যে তুলনা সম্ভব। বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তনশীল বলে 1 বর্গ সে. মি. প্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন 76 সে. মি. পারদ স্তম্ভের চাপকে প্রমাণ চাপ ও 0° সে. উষ্ণতাকে প্রমাণ উষ্ণতা ধরা হয় এবং গ্যাসসমূহের আয়তন এই চাপ ও উষ্ণতায় প্রকাশ করা হয়। প্রমাণ চাপ $=76$ সে. মি. $=760$ মি.মি. ও প্রমাণ উষ্ণতা $=0^\circ$ সে. $=273^\circ$ K.

আংকিক উদাহরণ :

(2) 30° সে. উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস 770 মি.মি পারদের চাপে 76 ঘ. সে. আয়তন অধিকার করে। ঐ উষ্ণতায় 760 মি.মি পারদের চাপে ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেনের আয়তন কত হবে ?

সমাধান : বয়েল-সূত্র থেকে পাওয়া যায় নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য :

$P_1V_1=P_2V_2$ P_1 ও V_1 প্রথম অবস্থার চাপ ও আয়তন

P_2 ও V_2 দ্বিতীয় অবস্থার চাপ ও আয়তন

এখানে, $P_1=770$ মি. মি. $P_2=760$ মি. মি.

$V_1=76$ ঘ. সে. $V_2=?$

এখন, $V_2=\frac{P_1V_1}{P_2}=\frac{770 \text{ মি. মি.}\times76 \text{ ঘ. সে.}}{760 \text{ মি. মি.}}=77$ ঘ. সে. (উঃ)।

(3) একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস 750 মি.মি. চাপে 150 ঘ. সে. আয়তন অধিকার করে। কত চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 100 ঘ. সে. হবে? উষ্ণতা উভয় ক্ষেত্রে একই।

$P_1 = 750$ মি.মি. $\qquad P_2 = ?$

$V_1 = 150$ ঘ.সে. $\qquad V_2 = 100$ ঘ.সে.

$$P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{750 \text{ মি.মি.} \times 150 \text{ ঘ.সে.}}{100 \text{ ঘ. সে.}} = 1125 \text{ মি.মি. (উঃ)}।$$

(4) 750 মি.মি. চাপে এবং 27° সে. উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 960 ঘ. সে. হলে 700 মি.মি. চাপে 47° সে. উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হবে?

এখানে, $P_1 = 750$ মি.মি. $\qquad P_2 = 700$ মি.মি.

$V_1 = 960$ ঘ. সে. $\qquad V_2 = ?$

$T_1 = 27 + 273 = 300°K \qquad T_2 = 47 + 273 = 320°K$

এখন, $$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{750 \text{ মি.মি.} \times 960 \text{ ঘ. সে.} \times 320°K}{300°K \times 700 \text{ মি.মি.}}$$

$$= 1097{\cdot}14 \text{ ঘ. সে. (উঃ)}।$$

(5) 0·32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত চাপে 27° সে. উষ্ণতায় 300 মি.মি. হবে?

32 গ্রাম অক্সিজেন 760 মি.মি. চাপে এবং 273°K উষ্ণতায় অধিকার করে 22400 মি. লি. আয়তন

∴ 0·32 গ্রাম অক্সিজেন 760 মি.মি. চাপে এবং 273°K উষ্ণতায় অধিকার করে $\frac{22400 \times 0{\cdot}32}{32}$ বা 224 মি. লি. আয়তন

তাহলে এখানে, $P_1 = 760$ মি.মি. $\qquad P_2 = ?$

$V_1 = 224$ মি. লি. $\qquad V_2 = 300$ মি. লি.

$T_1 = 273°K \qquad T_2 = 27 + 273 = 300°K$

এখন, $$P_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1V_2} = \frac{760 \text{ মি.মি.} \times 224 \text{ মি. লি.} \times 300°K}{273°K \times 300 \text{ মি. লি.}}$$

$$= 623{\cdot}5 \text{ মি. মি. (উঃ)}।$$

(6) 50 কিলোমিটার উর্ধ্বে বায়ুমণ্ডলের চাপ 1·55 মি.মি. এবং উষ্ণতা $-5°$ সে.। হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি একটি বেলুন এমনভাবে তৈয়ারী করা হল যে 50 কি. মি. উর্ধ্বে এটি পরিপূর্ণরূপে প্রসারিত হয় এবং তখন এর আয়তন হয় 1 লক্ষ লিটার। বেলুনটিকে পরিপূর্ণরূপে প্রসারিত করতে কত গ্রাম হাইড্রোজেন প্রয়োজন ?

আমরা জানি, $PV=nRT$ বা, $n=PV/RT$

এখানে, $P=1·55$ মি.মি. $=\frac{1·55}{760}$ অ্যাটমস., $V=10^5$ লিটার

$R=0·08205$ লি. − অ্যাটমস. K^{-1} মোল$^{-1}$, $T=273-5=268°K$.

এখন, $n=\frac{PV}{RT}=\frac{\frac{1·55}{760} \text{ অ্যাটমস.} \times 10^5 \text{ লি.}}{0·08205 \frac{\text{লি.}-\text{অ্যাটমস.}}{\text{K মোল}} \times 268° \text{ K}}=9·274$ মোল।

সুতরাং, 9·274 মোল বা $9·274\times2$ গ্রা. বা 18·548 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাস প্রয়োজন।

(7) 0·32 গ্রাম কোন গ্যাস 27° সে. উষ্ণতায় 623·5 মি.মি. পারদের চাপে 300 মিলিলিটার আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ?

আমরা জানি, $PV=\frac{gRT}{M}$

এখানে, $P=\frac{623·5}{760}$ অ্যাটমস, $V=\frac{300}{1000}$ বা, 0·3 লি. $g=0·32$ গ্রাম

$M=?$, $R=0·08205$ লি.-অ্যাটমস K^{-1} মোল$^{-1}$, $T=27+273=300°K$

তাহলে, $M=\frac{gRT}{PV}=\frac{0·32\times0·08205\times300}{\frac{623·5\times0·3}{760}}=32·1$ (উঃ)।

(8) Special balloons of 21 cm. diameter are to be filled up with hydrogen at N.T.P. from a cylinder containing the gas at 20 atmospherie pressure and 20°C. If the cylinder can hold 2·82 litres of water, calculate the number of balloons that can be filled up.

[Jt. Entr. 1970]

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, $P_1 = 20$ অ্যাটমস্ $P_2 = 1$ অ্যাটমস্

$V_2 = ?$

$V_1 = 2{\cdot}82$ লি. (সিলিণ্ডারে এই আয়তন জল ধরে, অর্থাৎ সিলিণ্ডারের আয়তনও এটাই)

$T_1 = 273 + 20 = 293°K$ $T_2 = 273°K$

তাহলে, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{20 \text{ অ্যাটমস্} \times 2{\cdot}82 \text{ লি.} \times 273°K}{2{\cdot}93°K \times 1 \text{ অ্যাটমস্}}$

$= 52{\cdot}54$ লি. $= 52540$ ঘ. সে.

বেলুনের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4 \times 3{\cdot}143 \times (10{\cdot}5)^3}{3} = 4852$ ঘ. সে.

(r = বেলুনের ব্যাসার্দ্ধ)

$\therefore$ প্রয়োজনীয় বেলুনের সংখ্যা $= \frac{52540 \text{ ঘ.সে.}}{4852 \text{ ঘ.সে.}} = 10{\cdot}84$ অর্থাৎ 11টি (উঃ)।

(9) A flask can bear pressure upto 1·6 atmosphere. It is filled with chlorine at 10°C at 764 mm. It is now heated till the flask explodes. At what temperature does the explosion take place ?

এখানে, $P_1 = \frac{764}{760}$ অ্যাটমস্. $P_2 = 1{\cdot}6$ অ্যাটমস্.

$T_1 = 273 + 10 = 283°K$ $T_2 = ?$

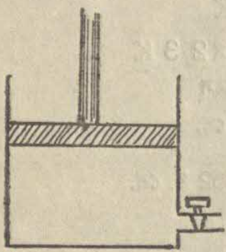
এখন, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ বা, $T_2 = \frac{P_2T_1}{P_1} = \frac{1{\cdot}6 \text{ অ্যাটমস্} \times 283°K}{\frac{764}{760} \text{ অ্যাটমস্}}$

$= 451{\cdot}4°K$ বা $178{\cdot}4°$ সে.

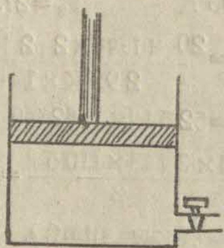
অংশ-প্রেষ ও ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র : তিনটি সমান আয়তনের পিষ্টনযুক্ত পাত্র নেওয়া হল। প্রথম পাত্রে অক্সিজেন গ্যাস ভরা হল—অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন V ঘ.সে., উষ্ণতা $t°$ সে. এবং চাপ P_1 মি.মি. (চিত্র 8·1a)। দ্বিতীয় পাত্রে একই উষ্ণতায় নাইট্রোজেন গ্যাস ভরা হল—আয়তন V ঘ.সে. এবং চাপ P_2 মি.মি. (চিত্র 81b) এখন একই উষ্ণতায় এই অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস তৃতীয় পাত্রে ভরা হল—গ্যাস মিশ্রণের আয়তন V ঘ.সে. (চিত্র 8·1c)। এখন এই গ্যাস মিশ্রণের চাপ কত হবে ?

গ্যাস মিশ্রণের চাপ হল মিশ্রণে উপস্থিত প্রতিটি উপাদান গ্যাসের চাপের যোগফল এবং মিশ্রণে উপস্থিত প্রতিটি উপাদান গ্যাসের চাপ হল একই অবস্থায় এককভাবে

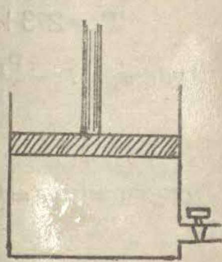
গ্যাসটি যদি উপস্থিত থাকত তাহলে তার যে চাপ হত সেই চাপ—এই চাপকে বলে উপাদান গ্যাসের অংশ-প্রেষ। তাহলে উপরের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের চাপ হল, $P=(P_1+P_2)$ মি.মি. [একই অবস্থায় একক ভাবে উপস্থিত অক্সিজেন ও



চিত্র 8·1a : O_2 গ্যাস—আয়তন V ঘ.সে., উষ্ণতা $t°$ সে., চাপ P_1 মি.মি.



চিত্র 8·1b : N_2 গ্যাস—আয়তন V ঘ.সে., উষ্ণতা $t°$সে., চাপ P_2 মি.মি.।



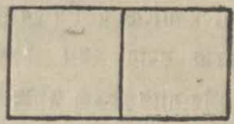
চিত্র 8·1c : O_2+N_2 গ্যাস—আয়তন Vঘ.সে., উষ্ণতা $t°$সে, চাপ P_1+P_2 মি.মি.

নাইট্রোজেনের চাপ যথাক্রমে P_1 ও P_2 মি.মি.]। প্রকৃত পরীক্ষা থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা হয়েছে। গ্যাসমিশ্রণের চাপ সংক্রান্ত এই তথ্য প্রথম ক্যাভেণ্ডিস আবিষ্কার করেন, কিন্তু ডালটন 1807 সালে প্রথম সাধারণ আকারে প্রকাশ করেন। এই সূত্র ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র নামে পরিচিত : **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনে উপস্থিত রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করে না দুই বা ততোধিক এমন গ্যাসের মিশ্রণের চাপ হল একই উষ্ণতায় মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলি ঐ আয়তনে একক ভাবে উপস্থিত থাকলে যে চাপ দিত সেই পৃথক চাপ সমূহের যোগফল।** অর্থাৎ, ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র হল : **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস-মিশ্রণের (মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না) চাপ হল উপাদান গ্যাসগুলির অংশ-প্রেষের সমষ্টি।** তাহলে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাস-মিশ্রণের উপাদন সমূহের অংশ-প্রেষ P_1, P_2, P_3, ···, P_n হলে, গ্যাস মিশ্রণের চাপ,

$P=P_1+P_2+P_3+ \cdots +Pn$

এখন, ধরা যাক, একটি অপসারণীয় বায়ুনিরোধক দেওয়াল একটি পাত্রকে দুভাগে ভাগ করেছে (চিত্র: 8·2) প্রথম ভাগের আয়তন V_A এবং দ্বিতীয় ভাগের আয়তন V_B। T^oK উষ্ণতায় ও P_A চাপে n_A মোল একটি গ্যাস A প্রথমভাগে (আয়তন V_A)

এবং একই উষ্ণতায় P_B চাপে n_B মোল অপর একটি গ্যাস (B) দ্বিতীয় ভাগে (আয়তন V_B) ভরা হল। এখন দেওয়ালটি অপসারণ করলে গ্যাস দুটি মিশ্রিত হল এবং গ্যাস মিশ্রণের আয়তন হল V_A+V_B (ধরা যাক উষ্ণতা অপরিবর্তিত রইল)। এখন গ্যাস মিশ্রণের চাপ, $P=f_A+f_B$, f_A এবং f_B যথাক্রমে গ্যাস A এবং গ্যাস B-এর অংশ প্রেষ। বয়েল-সূত্র গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ধরা যায়। তাহলে, গ্যাস A-এর ক্ষেত্রে—



চিত্র ৪·2

$$P_AV_A=f_A\,(V_A+V_B)\ \text{বা,}\ f_A=\frac{P_AV_A}{V_A+V_B}\quad \dots\ (25)$$

এবং দ্বিতীয় গ্যাসের ক্ষেত্রে—

$$P_BV_B=f_B\,(V_A+V_B)\ \text{বা,}\ f_B=\frac{P_BV_B}{V_A+V_B}\quad \dots\ (26)$$

আবার গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস সমীকরণ প্রযোজ্য ধরা যায় সুতরাং

$$f_A=\frac{n_ART}{V_A+V_B}\quad \dots\ (27)\quad \text{এবং}\ f_B=\frac{n_BRT}{V_A+V_B}\quad \dots\ (28)$$

সুতরাং, ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র অনুযায়ী গ্যাসমিশ্রণের চাপ P হল :

সমীকরণ (25) ও (26) থেকে

$$P=f_A+f_B$$

$$=\frac{P_AV_A}{V_A+V_B}+\frac{P_BV_B}{V_A+V_B}$$

$$\text{বা,}\ P\,(V_A+V_B)=P_AV_A+P_BV_B\quad \cdots\ (29)$$

সমীকরণ (27) ও (28) থেকে

$$P=f_A+f_B$$

$$=\frac{n_ART}{V_A+V_B}+\frac{n_BRT}{V_A+V_B}$$

$$\text{বা,}\ P(V_A+V_B)=(n_A+n_B)\,RT$$

$$\text{বা,}\ PV=n_tRT\quad \dots\ (30)$$

[$V=V_A+V_B=$ মোট আয়তন
$n_t=n_A+n_B=$ মোট মোলের সংখ্যা]

∴ গ্যাস মিশ্রণের ক্ষেত্রেও গ্যাস-সমীকরণ প্রযোজ্য।

ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ : কোন কোন সময় পরীক্ষাগারে জলের অপসারণের দ্বারা গ্যাসমান নলে বা গ্যাসজারে গ্যাস সঞ্চয় করা

হয়। এখন নলে সঞ্চিত গ্যাসের চাপ কত? নলটিকে একটি জলভর্তি পাত্রে ডুবিয়ে নলের ভিতরের জলের তল এবং পাত্রের জলের তল একই সমতলে আনলে নলের ভিতরের গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় এবং উষ্ণতাও পরীক্ষাগারের উষ্ণতার সমান হয়। কিন্তু নলের ভিতর V আয়তন (মেপে নেওয়া হয়) গ্যাসে গ্যাসটির সাথে কিছুটা জলীয় বাষ্প মিশে থাকে। সুতরাং নলের ভিতরের আর্দ্র গ্যাসের চাপ (P) = গ্যাসের অংশ-প্রেষ (p) + জলীয় বাষ্পের অংশ-প্রেষ (f)। গ্যাসের ভিতর উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ হল নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরল জলের সাথে সাম্যে উপস্থিত সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ। বিভিন্ন উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের এই চাপরেনোর তালিকা থেকে পাওয়া যায়। সুতরাং, বায়ুমণ্ডলের চাপ থেকে পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে ঐ উষ্ণতায় শুষ্ক গ্যাসের চাপ পাওয়া যায়।

ব্যাপন ও গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Diffusion and Graham's law of diffusion): গ্যাস সমূহের একটি স্বাভাবিক ধর্ম হল যে কোন গ্যাসই অপর যে কোন গ্যাসের সাথে সম্পূর্ণভাবে মিশে গিয়ে সর্বদা সমসত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। যেমন যদি কোন ঘরের একপ্রান্তে কিছুটা ক্লোরিন বা অ্যামোনিয়া গ্যাস ছেড়ে দেওয়া হয়, কিছুক্ষণের মধ্যে ঘরের সর্বত্র গ্যাসটির গন্ধ পাওয়া যায় এবং ঘরের সর্বস্থানেই গ্যাসটির অনুপাত এই থাকে। **ঘনত্ব নির্বিশেষে গ্যাসসমূহের এই স্বাভাবিক ও স্বতঃস্ফূর্ত (মাধ্যাকর্ষণের বিপরীতে) মিশ্রিত হওয়াকে ব্যাপন বলে।** দুটি গ্যাসকে কোন সচ্ছিদ্র দেওয়ালের (যেমন প্রলেপহীন পোর্সেলীন) দ্বারা পৃথক করলেও ব্যাপন প্রক্রিয়া ঘটে।

প্রতি একক সময়ে (যেমন প্রতি সেকেণ্ডে) যে আয়তন গ্যাসের ব্যাপন ঘটে তাকে ব্যাপনের হার বলে। যদি t সেকেণ্ডে V ঘ.সে. গ্যাসের ব্যাপন ঘটে তবে ব্যাপনের হার হল V/t ঘ.সে. প্রতি সেকেণ্ডে। ব্যাপনের হার উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভরশীল—উষ্ণতা বা চাপ বাড়লে ব্যাপনের হার বাড়ে। নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে ব্যাপনের হার গ্যাসের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে—হালকা গ্যাসের ঘনত্ব কম, তাদের ভারী গ্যাসের থেকে তাড়াতাড়ি ব্যাপন হয়। গ্যাসের ব্যাপন ও ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক গ্রাহাম নির্ণয় করেন (1832 সালে) এবং ইহা গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র নামে পরিচিত: **নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার তার ঘনত্বের বর্গমূলের সাথে ব্যস্তানুপাতিক।** যদি কোন গ্যাসের ঘনত্ব D এবং

ব্যাপনের হার R হয়, তবে নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে $R \propto \frac{1}{\sqrt{D}}$ বা, $R = \frac{K}{\sqrt{D}}$, যেখানে K একটি ধ্রুবক।

এখন নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে যদি যথাক্রমে D_1 ও D_2 ঘনত্ব সম্পন্ন দুটি গ্যাসের ব্যাপনের হার যথাক্রমে R_1 ও R_2 হয়, তবে

$$R_1 \propto \frac{1}{\sqrt{D_1}} \text{ এবং } R_2 \propto \frac{1}{\sqrt{D_2}}$$

বা, $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$ ... (31) বা, $R_1\sqrt{D_1} = R_2\sqrt{D_2}$ ... (32)

এখন যদি t_1 সেকেণ্ডে প্রথম গ্যাসের V_1 ঘ.সে. এবং t_2 সেকেণ্ডে দ্বিতীয় গ্যাসের V_2 ঘ.সে. ব্যাপন হয়, তবে $R_1 = V_1/t_1$ এবং $R_2 = V_2/t_2$ এবং সমী. (31) থেকে

$$\frac{V_1}{V_2} \times \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (33)$$

এখন যদি দুটি গ্যাসের একই আয়তনের ব্যাপন হতে যথাক্রমে t_1 এবং t_2 সেকেণ্ড সময় লাগে, তাহলে $V_1 = V_2$ এবং

$$t_2/t_1 = \sqrt{D_2/D_1} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (34)$$

আবার, যদি একই সময়ে দুটি গ্যাসের যথাক্রমে V_1 ও V_2 ঘ.সে. ব্যাপন হয়, অর্থাৎ যদি $t_1 = t_2$ হয়, তবে

$$V_1/V_2 = \sqrt{D_2/D_1} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (35)$$

এখন যদি দুটি গ্যাসের আণবিক ওজন যথাক্রমে M_1 এবং M_2 হয় এবং যেহেতু আণবিক ওজন ঘনত্বের দ্বিগুণ, তাহলে সমী. (31) থেকে পাওয়া যায়

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \dots \quad \dots \quad (36)$$

এবং সমী. (34) থেকে $t_2/t_1 = \sqrt{M_2/M_1}$ ... (37)

এবং সমী. (35) থেকে $V_1/V_2 = \sqrt{M_2/M_1}$ ... (38)

সুতরাং, দুটি গ্যাসের ব্যাপনের হার এবং একটি গ্যাসের আণবিক ওজন জানা থাকলে অপর গ্যাসের আণবিক ওজন বার করা যায়।

গাণিতিক উদাহরণ :

(1) 21°সে. উষ্ণতায় ও 756 মি.মি. চাপে কিছু পরিমাণ কোন গ্যাস জলের উপর সঞ্চয় করা হল এবং দেখা গেল আয়তন হল 246 মিলি লিটার। 40°সে. উষ্ণতায় ও 780 মি.মি. চাপে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হবে? [21°সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=18.5 মি.মি.]

জলের উপর সঞ্চিত গ্যাসে জলীয় বাষ্প-মিশে আছে। সুতরাং গ্যাসের অংশ-প্রেষ =(756−18·5) বা 737·5 মি. মি.।

এখন, আমরা জানি $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, $P_1=737\cdot5$ মি.মি., $V_1=246$ মি.লি., $T_1=(273+21)=294°K$ এবং, $P_2=780$ মি.মি., $V_2=?$, $T_2=(273+40)=313°K$

সুতরাং, $V_2=V_1\times\frac{P_1}{P_2}\times\frac{T_2}{T_1}$

$=246$ মি.লি. $\times\frac{737\cdot5 \text{ মি মি}}{780 \text{ মি মি.}}\times\frac{313°K}{294°K}=247\cdot7$ মি.লি. (উত্তর)।

(2) 180 cc. of a hydrocarbon diffuse in 15 minutes when 120 c.c. of sulphur dioxide (mol. wt. 64) diffuse in 20 minutes. What is the molecular weight of the hydrocarbon? (Nagpur)

আমরা জানি, $\frac{V_1}{V_2}\times\frac{t_2}{t_1}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

এখানে, $V_1=180$ ঘ.সে., $t_1=15$ মিনিট, এবং $V_2=120$ ঘ.সে., $t_2=20$ মিনিট, $M_1=?$, $M_2=64$

সুতরাং, $\frac{180 \text{ ঘ.সে.}}{120 \text{ ঘ.সে.}}\times\frac{20 \text{ মি.}}{15 \text{ মি.}}=\sqrt{\frac{64}{M_1}}$

বা, $\sqrt{M_1}=\frac{120\times15\times8}{180\times20}=4$

$\therefore\ M_1=4^2=16$ (উঃ)।

অনুশীলনী

1. বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্র উদাহরণ সহ বিবৃত কর, এবং সূত্র দুটিকে অঙ্কে প্রকাশ কর। বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্র একত্র প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন, চাপ ও উষ্ণতা সম্পর্কীয় আংকিক সমীকরণ বার কর।

2. (*a*) দেখাও যে n মোল যে কোন গ্যাসের জন্য $PV = nRT$. R এর মান কি ভাবে বার করা যায়? (*b*) 27° সে. উষ্ণতায় ও 770 মি. মি. চাপে 243 ঘ.সে. কোন শুষ্ক গ্যাসের ওজন হল 0·28 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন বার কর।
[যু. প্রবে. 1970] (উঃ 27·98)

3. (*a*) দেখাও যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার চাপের সাথে সমানুপাতিক। (*b*) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব 14. ঐ উষ্ণতায় কত চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব 3 গুণ হবে? (উঃ 3 অ্যাটমস.)

4. (*a*) ডালটনের অংশ প্রেষ সূত্র উদাহরণ সহ বিবৃত কর। নিম্নের গ্যাস মিশ্রণ দুটির ক্ষেত্রে কি এই সূত্র প্রযোজ্য? (*i*) NO ও O_2 গ্যাসের মিশ্রণ; (*ii*) H_2, N_2 ও CO এর মিশ্রণ। (*b*) কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দুটি 1 লিটার পাত্রে যথাক্রমে 600 মি.মি. ও 800 মি.মি. চাপে N_2 ও CO_2 গ্যাস আছে। একই উষ্ণতায় এই N_2 ও CO_2 গ্যাস দুটিকে আর একটি লি. পাত্রে ভরা হল। এই গ্যাস মিশ্রণে N_2 ও CO_2 এর অংশ প্রেষ কত এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত?

5. (*a*) গ্যাসের ব্যাপন বলতে কি বুঝায়? গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর এবং অঙ্কে প্রকাশ কর। এই সূত্রের সাহায্যে কিভাবে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন বার করা যায়? (*b*) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার অক্সিজেনের ওজন 1·429 গ্রা. এবং এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·0899 গ্রা.। গ্যাসদুটির আপেক্ষিক ব্যাপন হার নির্ণয় কর। (উঃ 3·99)

6. টীকা লেখ: (*i*) পরমশূন্য ও পরম উষ্ণতা (*ii*) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা (*iii*) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (*iv*) গ্যাস ধ্রুবক, R।

7. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাস 24° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 85 লিটার আয়তন অধিকার করে। (*i*) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এবং (*ii*) −18° সে. উষ্ণতায় ও 800 মি. মি. চাপে উহার আয়তন কত হবে? (উঃ (*i*) 78 লি. (*ii*) 68·4 লি.)

8. 30° সে. উষ্ণতায় এবং 755 মি. মি. চাপে বায়ুর একটি নমুনা জলের উপর সংগ্রহ করা হল। এই নমুনায় অক্সিজেনের অংশ প্রেষ কত? ধর বায়ুর 20% হল অক্সিজেন। (30° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=31·5 মি.মি.)।

[উঃ 144·7 মিমি.]

9. (*a*) 0·44 গ্রা. CO_2 এবং (*b*) 0·02 গ্রা. H_2 এর আয়তন কত চাপে 27° সে. উষ্ণতায় 300 মি. মি. হবে? [উঃ (*a*) ও (*b*) 623·5 মি. মি.]

10. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের 27° সে. ও 760 মি. মি. চাপে ঘনত্ব হল 32; 17° সে. উষ্ণতায় ও 730 মি. মি. চাপে এর ঘনত্ব কত হবে? [সংকেত : $D_1 T_1/P_1 = D_2 T_2/P_2$ । উঃ 31·78]

11. একটি চৌবাচ্চা 15 অ্যাটমস্ চাপ সহ্য করতে পারে। 0° সে. উষ্ণতায় ও 10 অ্যাটমস্ চাপে একটি গ্যাস দিয়ে চৌবাচ্চা পূর্ণ করা হল। গ্যাসভর্তি চৌবাচ্চাটিকে 300° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা কি নিরাপদ? [উঃ নিরাপদ নয় (চাপ হবে 20·98 অ্যাটমস্)]

12. The speeds of diffusion of carbon dioxied and of ozone were found by soret to be as ·29 and ·271. The relative density of CO_2 is 22 (when H=1). What is the relative density of ozone? (Calcutta) (Ans. 25).

নবম অধ্যায়

রাসায়নিক সাম্য

উভমুখী বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়ায় জাতক-পদার্থ বিক্রিয়া করে পুনরায় বিক্রিয়ক-পদার্থে পরিণত হতে পারে, সেই ধরণের বিক্রিয়াকে বলা হয় উভমুখী বিক্রিয়া। অর্থাৎ, এই ধরনের বিক্রিয়া ছুটি দিকেই চলে। A ও B ছুটি বস্তুর বিক্রিয়ায় C ও D বস্তু ছুটি উৎপন্ন হলে, C ও D আবার বিপরীত-মুখী বিক্রিয়ায় A ও B উৎপন্ন করবে। কাজেই এই ধরণের বিক্রিয়াকে ছুটি পৃথক সমীকরণে ভেঙ্গে লেখা যায় এইভাবে : $A+B \rightarrow C+D$ এবং $C+D \rightarrow A+B$; ছুটি পৃথক সমীকরণ লেখার অসুবিধা এড়াতে একটি সমীকরণেই পরস্পর বিপরীতমুখী তীর-চিহ্ন দ্বারা বিক্রিয়াটি প্রকাশ করা যেতে পারে এইভাবে : $A+B \rightleftharpoons C+D$ বা $A+B \rightleftarrows C+D$। লোহিত-তপ্ত আয়রনের উপর জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করলে ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় : $3Fe+4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4+4H_2$—এই বিক্রিয়াটি যদি **আবদ্ধ পাত্রে** ঘটানো যায়, তবে বিক্রিয়াটি উভমুখী হবে। আবদ্ধপাত্রে বিক্রিয়াটি ঘটালে আপাতদৃষ্টিতে দেখা যাবে একসময়ে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। আসলে কিন্তু এই অবস্থায় বিক্রিয়াটি উভয়দিকেই সমান গতিতে চলতে থাকে। কাজেই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হতে পারে না। এই অবস্থাকে বলে **রাসায়নিক সাম্যের অবস্থা**। কোন উভ-মুখী বিক্রিয়াই সম্পূর্ণ হতে পারে না, যদি একই শর্তের অবস্থায় সম্মুখ-বিক্রিয়ার সাথে সাথে বিপরীত বিক্রিয়াও চলতে থাকে। অবশ্য শর্তের হেরফের ঘটিয়ে বিক্রিয়াটিকে প্রায় সম্পূর্ণ করা যেতে পারে। যেমন, আয়রন এবং জলীয়-বাষ্পের বিক্রিয়াটি যদি আবদ্ধপাত্রে না ঘটিয়ে মুক্ত পাত্রে ঘটানো হয় তাহলে ছুটি উৎপন্ন পদার্থের একটি হাইড্রোজেন গ্যাস বিক্রিয়াপাত্র থেকে বেরিয়ে যাবে। সেক্ষেত্রে Fe_3O_4 হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়ার সুযোগ পাবে না, কাজেই বিপরীত-বিক্রিয়া সম্ভব হবে না এবং Fe এবং H_2O এর বিক্রিয়াটি সেক্ষেত্রে প্রায় সম্পূর্ণভাবে ঘটানো সম্ভবপর। অবশ্য মুক্ত পাত্রে বিক্রিয়া না ঘটালেও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হবার সাথে সাথে একে অপসারিত করবার ব্যবস্থা করতে পারলেও একই কথা, অর্থাৎ, সেক্ষেত্রেও Fe এবং H_2O এর বিক্রিয়া প্রায় সম্পূর্ণ হতে পারে।

তত্ত্বগতভাবে যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী। তবে, বাস্তবক্ষেত্রে অনেক বিক্রিয়াকেই উভমুখী ভাবাই যায় না। যেমন : পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে

পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়: $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ এই বিক্রিয়াটিতে উৎপন্ন পদার্থ দুটি পরস্পরের প্রত্যক্ষ সংযোগে $KClO_3$ উৎপন্ন করে না। সুতরাং আপাতদৃষ্টিতে বিক্রিয়াটিকে উভ-মুখী নয় বলেই মনে হয়। আসলে কিন্তু সকল বিক্রিয়াই উভ-মুখী—এই নির্দিষ্ট ক্ষেত্রটিতে বিক্রিয়াটিকে উভ-মুখী করবার প্রক্রিয়াটি আমাদের আজও অজানা এইটুকুই বলা যেতে পারে।

ভর-ক্রিয়া সূত্র (Law of mass action)**:** বিক্রিয়ক পদার্থের গাঢ়ত্ব এবং বিক্রিয়ার গতিবেগের মধ্যে একটি সম্পর্ক বর্তমান। 1867 সালে গুল্ডবার্গ এবং ওয়েজ তাঁদের **ভর-ক্রিয়া সূত্রে** এই সম্পর্ক নির্দেশ করেন এইভাবে: **নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন মুহূর্তে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়কগুলির সেই মুহূর্তে বিদ্যমান সক্রিয় ভর সমূহের গুণফলের সমানুপাতিক।** বিক্রিয়কের সক্রিয়-ভর বলতে সাধারণত: প্রতি লিটারে এর গ্রাম-অণুর সংখ্যা অর্থাৎ এর মোলার গাঢ়ত্ব বোঝায়।

সূত্রটির গাণিতিক রূপ এবং সচল সাম্যাবস্থা (dynamic equilibrium)**:** একটি সরল উভ-মুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ নেওয়া যাক। বিক্রিয়াটির সমীকরণ এইরূপ: $A+B \rightleftharpoons C+D$. বিক্রিয়াটিতে মনে করি **তাপমাত্রা স্থির** আছে।

A ও B বস্তুদুটি বিক্রিয়া করে C ও D বস্তুদুটি উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার প্রারম্ভে কেবলমাত্র A ও B ই থাকবে। A ও B এর বিক্রিয়ার গতিবেগ এদের সক্রিয়-ভর বা মোলার গাঢ়ত্বের গুণফলের সমানুপাতিক হবে। স্বভাবতই বিক্রিয়ার শুরুতে এই গতিবেগ হবে খুবই দ্রুত, কারণ A ও B এর গাঢ়ত্ব তখন খুবই বেশী। কিন্তু, ধীরে ধীরে এই গতিবেগ মন্থর হতে থাকবে, কারণ A ও B এর বিক্রিয়ার ফলে C ও D উৎপন্ন হতে থাকায় A ও B এর পরিমাণ বা গাঢ়ত্ব কমে আসতে থাকবে। অপরপক্ষে C ও D এর পরিমাণ যত বাড়তে থাকবে, বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগও ততই বাড়তে থাকবে, কারণ ভরক্রিয়া-সূত্র অনুযায়ী বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ C ও D এর মোলার গাঢ়ত্বের গুণফলের সমানুপাতিক। তাহলে, সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ ধীরে ধীরে কমে যেতে থাকবে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ ক্রমশঃই বাড়তে থাকবে। শেষ পর্যন্ত এমন একটা অবস্থা আসবে যখন **সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয়ে যাবে।** এই অবস্থাকেই বলা হয় **রাসায়নিক সাম্যের অবস্থা।** সিস্টেম বা মণ্ডল এই অবস্থায় পৌছুলে আপাতদৃষ্টিতে মনে হবে

বিক্রিয়াটি বুঝি সম্পূর্ণ বন্ধ হয়ে গেছে। প্রকৃত অবস্থাটা কিন্তু তা নয়, আনবস্তরে (molecular level) চিন্তা করলে বলা যায়, বিক্রিয়াটি তখনও থেমে যায়নি, কিন্তু সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ এক হয়ে গেছে অর্থাৎ এই অবস্থায় নির্দিষ্ট সময়েতে A ও B এর যতগুলি অণু বিক্রিয়া করে C ও D উৎপন্ন করছে, সেই একই সময়েতে C ও D এর ঠিক ততগুলি অণু বিপরীত বিক্রিয়ায় A ও B উৎপন্ন করছে। এর ফলে, ঐ অবস্থায় বিক্রিয়া-মিশ্রণে বিক্রিয়ক পদার্থ এবং উৎপন্ন পদার্থের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকবে। সুতরাং রাসায়নিক সাম্যের অবস্থায় যেহেতু বিক্রিয়া থেমে থাকে না (অর্থাৎ বিক্রিয়া Static নয়), বিক্রিয়াটি **সচলই থাকে**, তাই ঐ সাম্যকে বলা হয় **সচল-সাম্যের অবস্থা** (state of dynamic equilibrium)

[প্রঃ রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া কি থেমে থাকে ?]

এখন, A ও B এর মোলার গাঢ়ত্ব মনে করি [A] এবং [B]. তাহলে ভরক্রিয়া-সূত্র অনুযায়ী **সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ** $v_1 \propto [A].\ [B]$ বা $v_1 = K_1 . [A].[B]$. (K_1 = ধ্রুবক)। অপরপক্ষে, C ও D এর মোলার গাঢ়ত্ব [C] ও [D] হলে, **বিপরীত-বিক্রিয়ার গতিবেগ** $v_2 = K_2 .[C].[D]$ (K_2 = ধ্রুবক).

এখন, রাসায়নিক সাম্যের অবস্থায় A, B, C ও D এর মোলার গাঢ়ত্ব মনে করি $[A_E]$, $[B_E]$, $[C_E]$ এবং $[D_E]$, তাহলে, যেহেতু সাম্যের অবস্থায় সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ = বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ বা $v_1 = v_2$.

$$\therefore\quad K_1[A_E]\,[B_E] = K_2[C_E]\,[D_E] \text{ বা } \frac{[C_E][D_E]}{[A_E][B_E]} = \frac{K_1}{K_2} = K \text{ (ধ্রুবক)}$$

K নিত্যসংখ্যাটিকে বলা হয় **সাম্য ধ্রুবক বা ভরক্রিয়া সূত্র ধ্রুবক**। চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তন হলে K এর মান সামান্য পরিবর্তিত হয়।

উভমুখী বিক্রিয়াটির সমীকরণ যদি নিম্নরূপ হয় :

$$n_1A_1 + n_2A_2 + \cdots \rightleftharpoons m_1B_1 + m_2B_2 + \cdots$$

অর্থাৎ, n_1, n_2···ইত্যাদি সংখ্যক বিক্রিয়ক-অণু (বা গ্রাম-অণু) এর বিক্রিয়ায় যদি m_1, m_2···ইত্যাদি সংখ্যক জাতক-অণু (বা গ্রাম-অণু) উৎপন্ন হয়, তাহলে সাম্যধ্রুবক

$$K = \frac{[B_1]^{m_1}.[B_2]^{m_2}\ldots}{[A_1]^{n_1}.[A_2]^{n_2}\ldots}$$ এক্ষেত্রে, $[A_1]$, $[A_2]$...ইত্যাদি **সাম্যাবস্থায়** বিক্রয়কগুলির মোলার গাঢ়ত্ব এবং $[B_1]$, $[B_2]$....ইত্যাদি **সাম্যাবস্থায়** জাতকগুলির মোলার-গাঢ়ত্ব।

তাহলে ভর-ক্রিয়া সূত্রটিকে এইভাবেও প্রকাশ করা যেতে পারে :

কোন উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট মোলার গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট মোলার গাঢ়ত্বের গুণফল এর অনুপাতটি নিত্য। মোট মোলার গাঢ়ত্ব বলতে বুঝতে হবে সঠিক মাত্রায় উন্নীত মোলার গাঢ়ত্ব, অর্থাৎ কোন একটি বিক্রিয়ক বস্তুর মোলার গাঢ়ত্ব যদি [A] হয় এবং বিক্রিয়ায় এর x অণু (বা গ্রাম-অণু) অংশ নেয় তবে, বস্তুটির মোট মোলার গাঢ়ত্ব বলতে বোঝাবে $[A]^x$.

[বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থগুলি গ্যাসীয় হলে অনেক সময় মোলার গাঢ়ত্বের পরিবর্তে আংশিক চাপ ব্যবহৃত হয়। সেক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক প্রকাশিত হয় এইভাবে :

$$K_p = \frac{p_{B_1}^{m_1} \times p_{B_2}^{m_2} \times \cdots}{p_{A_1}^{n_1} \times p_{A_2}^{n_2} \times \cdots}$$

এক্ষেত্রে p_{B_1}, p_{B_2} ....ইত্যাদি সাম্যাবস্থায় $B_1, B_2 \cdots$ এর আংশিক চাপ এবং $p_{A_1}, p_{A_2} \ldots A_1, A_2$ এর সাম্যাবস্থায় আংশিক চাপ।]

সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব বা গ্যাসীয় পদার্থগুলির ক্ষেত্রে আংশিক চাপ জানা থাকলে সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় করা যায়।

সাম্যাবস্থা সম্পর্কিত আরও কিছু আলোচনা : আমরা আগেই আলোচনা করেছি যে রাসায়নিক সাম্যাবস্থাকে সচল সাম্যাবস্থা বলা হয়ে থাকে। কারণ তখন সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়া কোনটিই থেমে থাকে না, দুটিই চলতে থাকে। তবে দুটি বিক্রিয়ার গতিবেগ এক হয়ে যাওয়ায় আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে গেছে।

এখন, সাম্যের অবস্থায় যদি উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশী হয় তবে বলা হয় সাম্য-বিন্দু ডানদিকে বেশী সরে গেছে। আর যদি বিক্রিয়ক পদার্থের পরিমাণ বেশী হয় তবে সাম্যবিন্দু বাঁদিকে সরে গেছে বলা হয়। সাম্যাবস্থায় বিরাজমান সিস্টেমকে বলা হয় সাম্যমিশ্রণ। আগেই আলোচিত হয়েছে যে তত্ত্বগতভাবে সব বিক্রিয়াই উভমুখী বিক্রিয়া, কাজেই সব বিক্রিয়াতেই সাম্যের অবস্থা উপস্থিত হবে। যেসব বিক্রিয়া আপাতদৃষ্টিতে উভমুখী মনে হয় না, অর্থাৎ বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় বলে মনে হয়, সেক্ষেত্রে বলা যায় **সাম্য-বিন্দু খুবই বেশী পরিমাণে ডানদিকে সরে গেছে।**

লা শ্যাটেলিয়ার নীতি (Le Chatelier's principle) **:** রাসায়নিক-সাম্যের উপর চাপ, তাপমাত্রা ইত্যাদির পরিবর্তনের প্রভাব কি হতে পারে গুণগতভাবে সেটি

জানা যেতে পারে লা শ্যাটেলাঁর নীতির সাহায্যে। নীতিটি এইরূপ : **সাম্যাবস্থায় বিরাজমান কোন সিস্টেম বা মণ্ডলের সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী কারকগুলির (যথা চাপ, তাপমাত্রা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) যে কোনটিরই কোনরূপ পরিবর্তন হলে, সিস্টেম নিজেকে এমনভাবে বিন্যস্ত করতে চেষ্টা করবে যাতে ঐ পরিবর্তনের প্রভাব যতদূর সম্ভব প্রশমিত করা যায়।**

সাম্যাবস্থায় বিরাজমান সিস্টেমের উপর চাপ, তাপমাত্রা বা গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের কি প্রভাব পড়তে পারে সে সম্পর্কে কিছু আলোচনা করা যাক :

(ক) **উষ্ণতা পরিবর্তনের প্রভাব :** সাম্যাবস্থায় বিরাজিত সিস্টেমের তাপমাত্রা **বর্দ্ধিত করলে** লা শ্যাটেলাঁর নীতি বলে যে সাম্যবিন্দু সেইদিকেই সরে যাবে যেদিকে গেলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব কাটিয়ে ওঠা যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে গেলে সিস্টেমে তাপশক্তি দিতে হয়, অর্থাৎ তাপমাত্রাবৃদ্ধির অর্থ বর্দ্ধিত তাপশক্তি প্রদান। এই প্রভাব কিভাবে কাটিয়ে ওঠা যাবে? এক্ষেত্রে সম্মুখ বা বিপরীত বিক্রিয়ার **যেটি তাপগ্রাহী সেই বিক্রিয়াটিই হবে** কারণ তাহলেই সিস্টেম তাপ শোষণ করে বর্দ্ধিত তাপমাত্রার প্রভাব কাটিয়ে উঠতে পারবে। অপরপক্ষে উষ্ণতা কমিয়ে দিলে তাপও কমে যাবে। সিস্টেমের প্রবণতা হবে তাপ উৎপাদন করা অর্থাৎ **তাপদায়ী** বিক্রিয়াটিই সেক্ষেত্রে প্রাধান্য পাবে।

অর্থাৎ, উষ্ণতা বাড়ালে সাম্যবিন্দু সেই দিকেই সরবে যেদিকে তাপ শোষিত হবে এবং উষ্ণতা কমালে সাম্যবিন্দু সরবে সেই দিকে যে দিকে তাপের উদ্ভব হবে। বা সংক্ষেপে বর্দ্ধিত উষ্ণতা তাপ-গ্রাহী বিক্রিয়ার সহায়ক এবং কম উষ্ণতা তাপ-দায়ী বিক্রিয়ার সহায়ক।

(খ) **চাপ পরিবর্তনের প্রভাব : সাম্যাবস্থায় বিত্তমান সিস্টেমের উপর চাপ বর্দ্ধিত করলে সাম্যবিন্দু সেই দিকেই সরে যাবে যে দিকে আয়তন কম হবে। কিন্তু বিক্রিয়ায় আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে সাম্যের উপর চাপ-পরিবর্তনের কোন প্রভাবই পড়বে না।**

হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ বিক্রিয়াটির উদাহরণ নেওয়া যাক্

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

1 আয়তন   3 আয়তন   2 আয়তন

বা 1 গ্রাম-অণু 3 গ্রাম-অণু 2 গ্রাম-অণু।

1 আয়তন N_2 গ্যাস 3 আয়তন H_2 গ্যাসের সাথে বিক্রিয়ায় 2 আয়তন NH_3 গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে করি গ্যাস-মিশ্রণের উপর চাপ বর্দ্ধিত করা হল। তাহলে লা শ্যাটেলাঁর নীতি অনুযায়ী সাম্যবিন্দু সেইদিকেই স্থানান্তরিত হবে যে দিকে গেলে বর্দ্ধিত চাপের প্রভাব যথাসম্ভব কমিয়ে ফেলা যায়। যদি সম্ভব হয় তবে অণুর সংখ্যা কমিয়ে ফেলে সিস্টেম চাপ কমিয়ে ফেলতে পারে। (n মোল আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV=nRT$। সুতরাং n কমলে P কমবে)। তাহলে এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়বে।

আবার এক্ষেত্রে আয়তন সংকোচন ঘটছে। এখানে প্রতিটি পদার্থই গ্যাসীয় এবং গ্যাসেরা যথেষ্ট সংকোচন-যোগ্য, তাই চাপ বাড়ালে সিস্টেমের চেষ্টা হবে বর্দ্ধিত চাপ শোষণ করে আয়তন কমিয়ে ফেলা, তাই এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে NH_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে, কারণ N_2, H_2-এর সাথে যুক্ত হয়ে NH_3 গঠন করলেই আয়তন সঙ্কুচিত হতে পারে। অপরপক্ষে চাপ কমালে সিস্টেমের প্রবণতা হবে আয়তন বাড়ানো। অর্থাৎ কম চাপে বিপরীত বিক্রিয়াটি এক্ষেত্রে প্রাধান্য পাবে।

$H_2(g)+I_2(g)\rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়াটিতে যেহেতু আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না, কাজেই এক্ষেত্রে সাম্যের উপর চাপ পরিবর্তনের কোন প্রভাব নাই। আবার, যেক্ষেত্রে বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় নয়—**কঠিন বা তরল**, সেক্ষেত্রে যেহেতু কঠিন বা তরল প্রায় সংকোচনযোগ্য নয় বললেই চলে, সুতরাং সাম্যের উপর **চাপের প্রভাব সেসব ক্ষেত্রে নগণ্য**।

(গ) **গাঢ়ত্বের প্রভাব :** $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3$ এই বিক্রিয়ায় সাম্য-মিশ্রণে (equilibrium mixture) বাইরে থেকে যদি কিছু হাইড্রোজেন যুক্ত করা করা যায়, তাহলে সিস্টেমের প্রবণতা হবে হাইড্রোজেনের বর্দ্ধিত গাঢ়ত্ব যথাসম্ভব কমিয়ে ফেলা, সেক্ষেত্রে নাইট্রোজেন বেশী করে হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করবে। কারণ এভাবেই হাইড্রোজেনের গাঢ়ত্ব কমিয়ে ফেলা যেতে পারে।

আবার গ্যাস-মিশ্রণ থেকে যদি NH_3-কে সরিয়ে নেওয়া যায়, তাহলেও সিস্টেম চাইবে NH_3-এর গাঢ়ত্ব ঠিক রাখতে অর্থাৎ সেক্ষেত্রেও সাম্য-বিন্দু ডানদিকে সরে যাবে।

সাধারণভাবে বলা যায়, **সাম্যাবস্থায় বিদ্যমান কোন সিস্টেমের কোন একটি বস্তুর গাঢ়ত্ব বর্ধিত করলে সাম্যবিন্দু সেই দিকেই সরবে যেদিকে সরলে ঐ বস্তুর গাঢ়ত্ব কমিয়ে ফেলা যায়।**

লা শ্যাটেলাঁর নীতির প্রয়োগ : (1) **অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন :** হেবার পদ্ধতিতে অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের

(1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে) মিশ্রণ উত্তপ্ত করে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়।

বিক্রিয়ার সমীকরণ : $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)+22$ কিলোক্যালরি।

বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী এবং (খ) তাপ-দায়ী (Exothermic)

(ক) **তাপমাত্রার প্রভাব :** যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপ-দায়ী সুতরাং তাপমাত্রা কমালে, লা শ্যাটেল'ার নীতি অনুযায়ী সাম্যবিন্দু সেই দিকেই সরে যাবে যে দিকে গেলে তাপ উৎপাদন করা যায়। অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু তাপমাত্রা খুব কমিয়ে দিলে বিক্রিয়ার গতিবেগ খুবই কমে যায়। সেজন্য, বাস্তবক্ষেত্রে এমন তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয় যা খুব কমও নয়, খুব বেশীও নয়, যথোপযুক্ত (optimum) তাপমাত্রা, যাতে NH_3-এর উৎপাদনও বৃদ্ধি পায় আবার বিক্রিয়ার গতিবেগ খুব কম না হয়। হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত তাপমাত্রা প্রায় 450°C.

(খ) **চাপের প্রভাব :** পূর্ববর্তী আলোচনা দ্রষ্টব্য। হেবার-পদ্ধতিতে প্রায় 200 বায়ুচাপে N_2 এবং H_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(গ) **গাঢ়ত্বের প্রভাব :** পূর্ববর্তী আলোচনা দ্রষ্টব্য।

(2) **স্পর্শ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে SO_2-এর বায়ুজারণ :** স্পর্শ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় SO_3 উৎপাদিত হয় প্লাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে SO_2 বায়ুর অক্সিজেন সহযোগে উত্তপ্ত করে। সমীকরণটি নিম্নরূপ :

$$2SO_2+O_2\rightleftharpoons 2SO_3+45 \text{ কিলোক্যালরি।}$$

(ক) **তাপমাত্রার প্রভাব :** বিক্রিয়াটি তাপমোচী, সুতরাং লা শ্যাটেল'ার নীতি অনুযায়ী **তাপমাত্রা কমালে SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।** কিন্তু তাপমাত্রা খুব কমালে বিক্রিয়ার গতি একবারে কমে যায়। সেইজন্য বাস্তবক্ষেত্রে বিক্রিয়া ঘটানো হয় প্রায় 550°C তাপমাত্রায়, যাতে বিক্রিয়ার গতি খুব মন্থর না হয়। আবার SO_3-এর উৎপাদনও বাড়ে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার পরিমাণও খুব বৃদ্ধি না পায়।

(খ) **চাপের প্রভাব :** যেহেতু বিক্রিয়ায় আয়তন সংকোচন ঘটে (2 আয়তন SO_2, 1 আয়তন O_2-এর সাথে বিক্রিয়া করে 2 আয়তন SO_3 উৎপন্ন করে) সুতরাং তত্ত্বগতভাবে লা শ্যাটেল'ার নীতি অনুযায়ী **বর্ধিত চাপে SO_3-এর উৎপাদন বাড়বে।** বাস্তবক্ষেত্রে অবশ্য বর্ধিত চাপের প্রভাব খুব বেশী নয়। তাছাড়া বর্ধিত

চাপের জন্য ব্যয় প্রচুর এবং উচ্চ চাপে উৎপাদিত SO_3 বিক্রিয়াপাত্রের ক্ষয়সাধন করে সেইজন্যে সাধারণ বায়ুচাপেই বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(গ) **গাঢ়ত্বের প্রভাব :** SO_2 বা O_2-এর পরিমাণ বাড়ালে লা শ্যাটেলিয়র-এর নীতি অনুযায়ী এরা বেশী করে বিক্রিয়া করে অধিক পরিমাণে SO_3 উৎপন্ন করবে, কিন্তু O_2-এর জন্য ব্যবহৃত হয় বায়ু। বায়ুতে অক্সিজেন ছাড়াও প্রচুর নাইট্রোজেন থাকে। সেইজন্য খুব বেশী পরিমাণে বায়ু ব্যবহৃত হয় না—কারণ সেক্ষেত্রে SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধির পরিবর্তে কমে যেতে পারে (এটি অবশ্য গাণিতিকভাবে দেখানো যায়)।

(3) **ডিকন পদ্ধতিতে ক্লোরিণের বৃহদায়তন প্রস্তুতি :** এই পদ্ধতিতে কপারলবণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্যাসীয় HCl বায়ুর অক্সিজেন সহযোগে উত্তপ্ত করে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটির সমীকরণ :

$$4HCl(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2H_2O(g)+2Cl_2(g)+Q \text{ ক্যালরি।}$$

বিক্রিয়াটি : (ক) উভমুখী (খ) তাপ-দায়ী এবং (গ) আয়তন-সংকোচক।

(ক) **তাপমাত্রার প্রভাব :** যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী সুতরাং তাপমাত্রা কমালে সম্মুখ-বিক্রিয়াটি প্রাধান্য পাবে অর্থাৎ HCl জারিত হয়ে বেশী পরিমাণে ক্লোরিন উৎপন্ন করবে। কিন্তু 425°C-এর নিম্নতর তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি মন্থর হয়ে পড়ে। সেইজন্যে বিক্রিয়ায় প্রায় 450°C তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়, যাতে বিক্রিয়ার গতি কমে না যায়, আবার ক্লোরিনের উৎপাদনও বাড়ে।

(খ) **চাপের প্রভাব :** বিক্রিয়াটিতে আয়তনের সংকোচন ঘটে, কারণ 4 আয়তন গ্যাসীয় HCl, 1 আয়তন O_2 গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে 2 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 2 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং লা শ্যাটেলিয়র নীতি অনুযায়ী চাপ বাড়ালে ক্লোরিনের উৎপাদন বাড়বে।

(গ) **গাঢ়ত্বের প্রভাব :** ক্লোরিন গ্যাসকে উৎপন্ন হবার সাথে সাথে সরিয়ে নিতে পারলে এর উৎপাদন বাড়বে লা শ্যাটেলিয়র নীতি অনুযায়ী। কারণ সেক্ষেত্রে HCl বেশী পরিমাণে জারিত হবে সিস্টেমে ক্লোরিনের গাঢ়ত্ব ঠিক রাখবার জন্য।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) $2SO_2+O_2\rightleftharpoons 2SO_3$ এই বিক্রিয়ায় সাম্যের অবস্থায় 727°C উষ্ণতায় সাম্যমিশ্রণে SO_2 এবং O_2-এর আংশিক চাপ যথাক্রমে 0·27 এবং 0·4. ঐ উষ্ণতায় সাম্যধ্রুবক K_p-এর মান যদি 3·56 হয় তবে SO_3-এর আংশিক চাপ কত হবে?

সমাধান :

$K_p = \frac{p^2_{SO_3}}{p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}$ p_{SO_3}, p_{SO_2} এবং pO_2 সাম্যমিশ্রণে বর্তমান SO_3, SO_2 এবং O_2-এর আংশিক-চাপ

$$\therefore \; p_{SO_3} = \sqrt{K_p \times p^2_{SO_2} \times p_{O_2}} = \sqrt{3.56 \times 0.27^2 \times 0.4}$$

$$= 0.325 \text{ (উঃ)}$$

(2) 10 লিটার আয়তনের একটি আবদ্ধ পাত্রে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 8 c.c. হাইড্রোজেন এবং 0·06 গ্রাম আয়োডিন নিয়ে 444°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হল সাম্যের অবস্থায় না আসা পর্যন্ত। 9·5 c.c. হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হল। সাম্য-ধ্রুবক K-এর মান নির্ণয় কর [I=127].

আয়োডিনের গ্রাম আণবিক ওজন=(2×127) বা 254 গ্রাম। অর্থাৎ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 254 গ্রাম আয়োডিন বাষ্পের আয়তন=22400 c.c.

∴ N. T. P. তে 0·06 গ্রাম আয়োডিন বাষ্পের আয়তন $= \frac{22400 \times 0.06}{254}$ c.c

$= 5.3$ c.c.

অর্থাৎ, 8c.c. হাইড্রোজেন এবং 5·3 c.c. আয়োডিন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয় এবং সাম্যাবস্থায় 9·5c.c. হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

এখন : $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই সমীকরণ থেকে আমরা জানি 2 আয়তন HI উৎপন্ন হয় 1 আয়তন H_2 এবং 1 আয়তন I_2-এর বিক্রিয়ায়।

∴ 9·5 c.c HI উৎপন্ন হবে 4·75 c.c. H_2 এবং 4·75 c.c I_2-এর বিক্রিয়ায় বাকী H_2 এবং I_2 অবিকৃত থাকবে। সুতরাং সাম্যাবস্থায় H_2-এর আয়তন =(8 − 4·75)c.c. বা 3·25 c.c., আয়োডিনের আয়তন=(5·3 − 4·75) c.c. বা, 0·55 c.c. এবং HI-এর আয়তন 9·5 c.c.

এখন N. T. P. তে 22400 c.c. আয়তন হলে যে কোন গ্যাসে মোলের সংখ্যা 1

∴ „ 3·25 c.c. হাইড্রোজেনে মোলের সংখ্যা $= \frac{3.25}{22400}$

অনুরূপভাবে, „ 0·55 c.c. আয়োডিন বাষ্পে……… $= \frac{0.55}{22400}$

এবং N. T. P. তে 9.5 c.c. হাইড্রোজেন আয়োডাইডে মোলের সংখ্যা $=\frac{9.5}{22400}$

বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন 10 লিটার।

$\therefore$ **প্রতি লিটারে মোলের সংখ্যা** (অর্থাৎ মোলার গাঢ়ত্ব) :

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে $\frac{3.25}{22,400\times10}$, আয়োডিনের ক্ষেত্রে $\frac{0.55}{22400\times10}$

এবং হাইড্রোজেন-আয়োডাইডের ক্ষেত্রে $\frac{9.5}{22400\times10}$.

এখন, সাম্যধ্রুবক $K=\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}=\frac{(9.5)^2}{3.25\times0.55}=50.4$ (448°C উষ্ণতায়)

অনুশীলনী

1. ভর-ক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র থেকে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক নির্ণয় কর। সাম্যধ্রুবকের মান বেশী হলে সাম্যবিন্দু কোন্ দিকে সরে আছে বোঝা যাবে ?

2. উভমুখী বিক্রিয়া বলতে কি বোঝ ? রাসায়নিক সাম্যের অবস্থা বলতেই বা কী বোঝা যায় ? এই অবস্থাকে সচল সাম্যের অবস্থা কেন বলা হয় ?

3. লা শ্যাটেলাঁর নীতিটি বিবৃত কর। নীচের বিক্রিয়াগুলির উপর চাপ, তাপ-মাত্রা এবং গাঢ়ত্বের প্রভাব কেমন হবে লা শ্যাটেলাঁর নীতির সাহায্যে আলোচনা কর :
(a) $N_2+3H_2\rightleftharpoons2NH_3+24$ কিলোক্যালরি। (b) $2SO_2+O_2\rightleftharpoons2SO_3+$ 45 কিঃ ক্যালরি।

4. নীচের বিক্রিয়াগুলির উপর বর্ধিত চাপ এবং কম তাপমাত্রার কি হতে পারে ?

(a) $3Fe(s)+4H_2O(g)\rightleftharpoons Fe_3O_4(s)+4H_2(g)-$ তাপ।

(b) $C(s)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)-$ তাপ। [(s) = solid, (g) = gas]

(c) $2O_3(g)\rightleftharpoons3O_2(g)+$ তাপ।

(d) $N_2O_4(g)\rightleftharpoons2NO_2(g)-$ তাপ।

(e) $PCl_5(g)\rightleftharpoons PCl_3(g)+Cl_2(g)-$ তাপ।

5. $2SO_2+O_2\rightleftharpoons2SO_3$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান 523°C উষ্ণতায়

6.4×10^4. 528°C উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় SO_2 এবং SO_3 এর গাঢ়ত্ব যদি যথাক্রমে 1 মোল/লিটার এবং 20 মোল/লিটার হয় তবে O_2 এর গাঢ়ত্ব কত হবে ?

(উ: 6.25×10^{-3} মোল/লি:)

6. নীচের সমীকরণগুলির প্রতিটির সাম্যধ্রুবক (K) লেখ : (মোলার গাঢ়ত্বে এবং আংশিক চাপে)

(a) $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, (b) $N_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

(c) $2H_2O_2(g) \rightleftharpoons 2H_2O(g)O_2(g)$. (d) $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

7. তত্ত্বগতভাবে সব বিক্রিয়াকেই কি উভমুখী বিক্রিয়া বলা যায় ? $2KClO_3 = 2KCl+3O_2$ এই বিক্রিয়াটিতে সাম্যের কোন ব্যাপার আছে কি ? যদি থাকে, তবে সাম্যবিন্দু কোন্‌দিকে সরে গেছে বলা যেতে পারে ?

8. সাম্যাবস্থায় বর্তমান সিস্টেমের উপর চাপ, তাপমাত্রা বা গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের প্রভাব কেমন হতে পারে, বিস্তৃতভাবে আলোচনা কর।

9. $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K এর মান 448°C এ 50·4। 448°C এ 1 মোল হাইড্রোজেন এবং 1 মোল আয়োডিন 5 লিটার একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করলে সাম্যাবস্থায় হাইড্রোজেন, আয়োডিন এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড এর মোলের গাঢ়ত্ব কত হবে ? [Hints : সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব : $[H_2]=1-x$, $[I_2]=1-x$ এবং $[HI]=2x$, x=সাম্যাবস্থায় 1 মোলের যে ভগ্নাংশ বিক্রিয়া করে গেছে

10. $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই বিক্রিয়াটিতে সাম্যাবস্থায় 400°C উষ্ণতায় H_2, I_2 এবং HI এর গাঢ়ত্ব যথাক্রমে 2×10^{-3} মোল/লিটার, 2×10^{-3} মোল/লিটার এবং 1.6×10^{-2} মোল/লিটার। 400°C উষ্ণতায় এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

প্রথম খণ্ড : দ্বিতীয় ভাগ

প্রথম অধ্যায়

হাইড্রোজেন

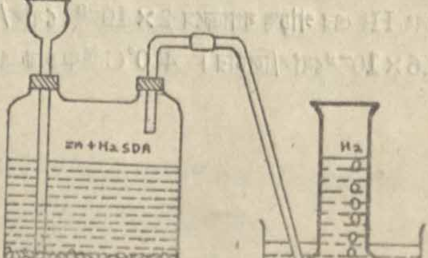
1766 সালে ক্যাভেণ্ডিস দেখান যে হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। হাইড্রোজেন নাম লাভয়েসিয়েঁর দেওয়া। প্রকৃতিতে প্রায় সবটা হাইড্রোজেনই যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়। মৌলিকপদার্থগুলির মধ্যে হাইড্রোজেনের যৌগের সংখ্যাই সর্বাধিক-এর পরের স্থান কার্বনের। হাইড্রোজেনের সব থেকে প্রয়োজনীয় যৌগ হল জল। তাছাড়া প্রায় সব জৈব যৌগ, অ্যাসিড এবং ক্ষারকে এবং অনেক অজৈব যৌগে হাইড্রোজেন উপস্থিত।

প্রস্তুতি : (1) অ্যাসিড থেকে : তড়িৎ বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুগুলির সাথে অজারক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। যেমন, জিংক লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\ ;\ Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

এই বিক্রিয়া ব্যবহার করে পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত বায়ুনিরোধী উলফের বোতলে বাজারের জিংকের ছিবড়া নিয়ে জল যোগ করা হয় যাতে জিংকের ছিবড়া ও ফানেলের শেষপ্রান্ত জলের নীচে থাকে। ফানেল দিয়ে লঘু H_2SO_4 যোগ করলে সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস বার হয়। কিছুটা গ্যাস বার হওয়ার পর জলের নিম্নাপসারণের



চিত্র B. 1. 1. হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

দ্বারা গ্যাস জারে এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় (চিত্র B 1.1)। এইভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ নয়। আরসিন (AsH_3), ফসফিন (PH_3), H_2S, SO_2, CO_2, O_2, N_2, জলীয়বাষ্প খুব কম পরিমাণে হাইড্রোজেনের সাথে মিশে

থাকে। উৎপন্ন হাইড্রোজেনগ্যাস নিম্নের পদার্থগুলি পূর্ণ পরপর সাজানো কয়েকটি U নলের ভিতর দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধতর H_2 পাওয়া যায়: (1) $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ—H_2S শোষণ করে; (2) $AgNO_3$ দ্রবণ—AsH_3 এবং PH_3 শোষণ করে (3) KOH দ্রবণ—SO_2, CO_2 শোষণ করে; (4) ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্রবণ—O_2 শোষণ করে; (5) P_2O_5—জলীয় বাষ্প শোষণ করে। নাইট্রোজেন দূর করতে এই গ্যাস তপ্ত প্যালাডিয়াম পাত যুক্ত বায়ুশূন্য কাচের বাল্বে চালনা করা হয়। প্যালডিয়ামপাত শুধু হাইড্রোজেন শোষণ করে; অবশিষ্ট নাইট্রোজেন পাম্প করে বার করে দেওয়া হয়। এখন কাচের বাল্বকে লোহিত তপ্ত করলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন বার হয়ে আসে এবং ইহা পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়। কিপ্‌ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষাগারে প্রয়োজনমত হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়।

অন্য কয়েকটি ধাতুর সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়ার উদাহরণ: (1) Mg ও Fe লঘু HCl বা H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2 \ ; \quad Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

Al ও Sn উত্তপ্ত গাঢ় HCl এর সাথে বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করে:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \ ; \quad Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2.$$

(2) **ক্ষার থেকে:** বিচূর্ণ অবস্থায় Zn, Al, Sn, Si তীব্র ক্ষার NaOH বা KOH এর ঈষৎ উত্তপ্ত দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে নিজেরা দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে:

$$Zn + 2KOH = K_2ZnO_2 + H_2 \ ; \quad Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2 + H_2$$

পটাসিয়াম জিংকেট সোডিয়াম স্ট্যানাইট

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

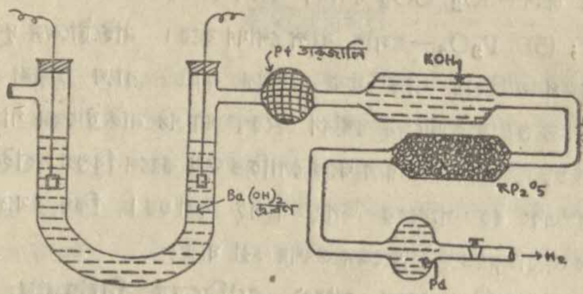
সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

(3) **জল থেকে:** জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা বা বিভিন্ন অবস্থায় জলের সাথে কিছু ধাতু বা কার্বনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

অতিবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি: বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ:

নিকেল তড়িৎ-দ্বার যুক্ত একটি U-আকৃতির শক্ত কাচের নলে ঈষৎ উষ্ণ বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস

নির্গত হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস প্রথমে উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম জালি (অক্সিজেন মিশে থাকলে পুড়ে জল হয়) এবং পরে কঠিন কস্টিক পটাশ ও বিশুদ্ধ P_2O_5 এর উপর চালনা করা হয় (শুষ্ক হয়)। আগে বর্ণিত পদ্ধতিতে তপ্ত প্ল্যালাডিয়ামের



চিত্র B. I. 2 বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

পাতে হাইড্রোজেন শোষণ করিয়ে নাইট্রোজেন দূর করা হয় এবং প্যালডিয়ামের পাত উত্তপ্ত করে প্রয়োজনমত শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (চিত্র B 1·2)

$Ba(OH)_2 \rightleftharpoons Ba^{++} + 2OH^-$ (বিশ্লেষণের পূর্বে)

$2OH^- \rightleftharpoons H_2O + O + 2e$ (অ্যানোডে)

$$\left.\begin{array}{l} Ba^{++} + 2e \rightleftharpoons Ba \\ Ba + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2 \end{array}\right\} \text{(ক্যাথোডে)}$$

যোগকরে : $H_2O = H_2 + O$

বা, $2H_2O = 2H_2 + O_2$

সুতরাং জলই তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হয়। $Ba(OH)_2$ শুধু জলের তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে।

বিভিন্ন অবস্থায় জলের সাথে ধাতুর বিক্রিয়া : টিন ও লেড ভিন্ন যে সব ধাতু তড়িৎ বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে আছে বিভিন্ন অবস্থায় জলের সাথে বিক্রিয়া করে তারা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতু যত বেশী ইলেকট্রোপজিটিভ হয় বিক্রিয়াও তত তীব্রভাবে ঘটে। যেমন (a) Li, Na, K ইত্যাদি ধাতু (ক্ষারীয় ধাতু) দ্বারা সাধারণ উষ্ণতায় জল দ্রুত বিযোজিত হয় :

$Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$; $K + 2H_2O = 2KOH + H_2$

বিক্রিয়ার দ্রুততা ও তীব্রতা কমানোর জন্য এই সব ধাতুর পারদ সংকর ব্যবহার করা হয়।

(b) ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়ামের গুড়া বা Zn-Cu যুগল গরমজলকে দ্রুত বিযোজিত করে :

$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$; $2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$

(c) লোহিত তপ্ত Zn, Fe, Mn, Cr, Co স্টীমকে বিযোজিত করে—ধাতুর অক্সাইড ও H_2 উৎপন্ন হয়।

$Zn + H_2O = ZnO + H_2$; $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$ [এই বিক্রিয়া শিল্প-পদ্ধতিতে H_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়]

(d) শ্বেত-তপ্ত কার্বনের (কোক বা কয়লা) উপর স্টীম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$; $C + H_2O = CO + H_2$

CO_2 এর পরিমাণ উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে CO_2 এর পরিমাণ কমে এবং CO এর পরিমাণ বাড়ে। এই বিক্রিয়া শিল্প পদ্ধতিতে H_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতি : যে কোন শিল্প পদ্ধতিতেই হাইড্রোজেন জল থেকে প্রস্তুত করা হয়। জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ হাইড্রোজেন উৎপাদনের একটি প্রয়োজনীয় পদ্ধতি। প্রচলিত নানা পদ্ধতির মধ্যে একটি প্রয়োজনীয় পদ্ধতি এখানে আলোচিত হল।

বস পদ্ধতি (ওয়াটার গ্যাস থেকে) **:** শ্বেত তপ্ত কোক কয়লার উপর দিয়ে স্টীম চালনার দ্বারা উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাস থেকে CO এবং CO_2 দূরীভূত করে বিশুদ্ধ H_2 উৎপাদন করা হয়।

(1) উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাসের সাথে অতিরিক্ত ষ্টীম মিশ্রিত করে তপ্ত (450°—500° সে.) Fe_2O_3 (প্রভাবক) ও Cr_2O_3 (বর্দ্ধক) এর উপর চালনা করা হয়। ষ্টীম CO কে CO_2 তে জারিত করে এবং আরও H_2 উৎপন্ন হয় $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$

(2) এই H_2 ও CO_2 এর গ্যাসমিশ্রণ (অত্যল্প পরিমাণে CO ও থাকে) বায়ুমণ্ডলের 25 গুণ চাপে জলের মধ্যে চালিত করলে CO_2 শোষিত হয় এবং তারপর বায়ুমণ্ডলের 200 গুণ চাপে কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণে চালিত করলে CO দূরীভূত হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেন শুষ্ক করলে 99·9% বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

ভৌত ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন গন্ধহীন ও

স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ। হাইড্রোজেনকে বর্ণহীন ও স্বচ্ছ তরলে এবং বর্ণহীন কঠিনে পরিণত করা যায়। জানা পদার্থগুলির মধ্যে হাল্কাতম পদার্থ হাইড্রোজেন গ্যাসসমূহের মধ্যে তাপের সর্বোৎকৃষ্ট পরিবাহী। হাইড্রোজেনের বৈশিষ্ট্যগুলি হল: চিহ্ন H; আণবিক সংকেত H_2; পারমাণবিক সংখ্যা 1; পারমাণবিক ওজন 1·00797; ইলেকট্রনীয় গঠন $1S^1$; NTP তে ঘনত্ব 0·0899 গ্রা/লিটারে; গলনাঙ্ক −259·2° সে.; স্ফুটনাঙ্ক −252·7° সে.; জলে দ্রাব্যতা NTP তে 21·5 মি.লি./লিটারে; জারণ সংখ্যা +1, −1; আইসোটোপ 3টি (ভরসংখ্যা 1, 2 ও 3)।

রাসায়নিক ধর্ম: সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয়; কিন্তু উপযুক্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন প্রায় সব মৌলের সাথেই প্রত্যক্ষভাবে সংযুত হতে পারে।

(1) **অধাতুর সাথে বিক্রিয়া:** সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিক্রিয়া করে না। অক্সিজেন বা বায়ুর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনে অগ্নিসংযোগ করলে হাইড্রোজেন জ্বলে ওঠে ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2+O_2=2H_2O$$

অন্যান্য বিক্রিয়া: $H_2+X_2=2HX$ [X=F, Cl (বিস্ফোরণ ঘটে) Br, I]

$H_2+S=H_2S$ (উচ্চ উষ্ণতায়)

$3H_2+N_2=2NH_3$ [তাপ ও চাপের দ্বারা NH_3 গ্যাস উৎপন্নের হেবার পদ্ধতি]

$H_2+2C=C_2H_2$ (তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের দ্বারা)

(2) **ধাতুর সাথে বিক্রিয়া:** হাইড্রোজেনে উত্তপ্ত করলে অনেক ধাতু হাইড্রোজেনের সাথে সংযুক্ত হয়ে ধাতব হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। তীব্র পরাবিদ্যুৎবাহী ধাতু যেমন, Li, Na, Ca এর হাইড্রাইডগুলি তড়িৎ-যোজী যৌগ—এই সকল যৌগে হাইড্রোজেনের জারণসংখ্যা—1.

$$Ca+H_2=CaH_2\;;\;2Na+H_2=2NaH$$

গলিত অবস্থায় এই হাইড্রাইডগুলির তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডে নির্গত হয়। এই হাইড্রাইডগুলি সহজেই জলের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে: $CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$ ধাতব হাইড্রাইড সমূহ শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।

(3) **যৌগের সাথে বিক্রিয়া:** হাইড্রোজেনের অক্সিজেনের প্রতি আসক্তির

ফলে ইহা বিজারকদ্রব্য রূপে কাজ করে এবং ধাতব অক্সাইডকে (তীব্র পরাবিদ্যুৎবাহী ধাতুর অক্সাইড ব্যতিরেকে) ধাতুতে বিজারিত করে।

$CuO + H_2 = Cu + H_2O$; $PbO + H_2 = Pb + H_2O$

জায়মান হাইড্রোজেন : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তৎক্ষণাৎ জাত হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলে। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপত্তি-ক্ষণের এই হাইড্রোজেন বা জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজন অপেক্ষা অনেক বেশী সক্রিয় এবং শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।

পরীক্ষা : (1) একটি পরীক্ষানলে ফেরিক ক্লোরাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ নাও। এই দ্রবণের বর্ণ হলুদ। দ্রবণের ভিতর কিপের যন্ত্র থেকে হাইড্রোজেন চালনা কর। দ্রবণের বর্ণের কোন পরিবর্তন হল না। এইবার দ্রবণের ভিতর অশুদ্ধ জিংকের ছিবড়া ও লঘু H_2SO_4 যোগ কর। বুদ্‌বুদ সহ হাইড্রোজেন গ্যাস বার হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়। অর্থাৎ জায়মান হাইড্রোজেন $FeCl_3$ কে $FeCl_2$ এ বিজারিত করে দেয়। $2FeCl_3 + Zn + H_2SO_4 = 2FeCl_2 + ZnSO_4 + 2HCl$

$$[FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl]$$

(2) অনুরূপভাবে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী (pink) বর্ণ জায়মান হাইড্রোজেন বর্ণহীন করে দেয় (সাধারণ হাইড্রোজেন পারে না)।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

(3) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে জায়মান হাইড্রোজেন পটাসিয়াম ক্লোরাইডে বিজারিত করে : $KClO_3 + 6H = KCl + 3H_2O$

উৎপত্তিক্ষণে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এই তত্ত্বের সাহায্যে জায়মান হাইড্রোজেনের অধিকতর সক্রিয়তা ব্যাখ্যা করা হয়। অন্য-ব্যাখ্যা : হাইড্রোজেন উৎপত্তির রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে শক্তি নির্গত হয় তার সবটা তাপশক্তি হিসাবে নির্গত হয় না, তার একটি অংশ রাসায়নিক শক্তি হিসাবে বার হয় এবং এই শক্তি জায়মান হাইড্রোজেনকে অধিকতর সক্রিয় ও অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী বিজারক করে তোলে।

হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি : প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম, কোবাল্ট, আয়রন ইত্যাদি ধাতু হাইড্রোজেন গ্যাসকে শোষণ করে নিতে পারে। বিচূর্ণ অবস্থায় ধাতুর এই ক্ষমতা অনেক বৃদ্ধি পায় এবং প্যালাডিয়ামের এই ক্ষমতা সব থেকে বেশী। এই ঘটনাকে হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলে। অন্তর্ধৃতি ঘটনায় হাইড্রোজেন কঠিন ধাতুতে শুধু দ্রবীভূত হয়ে থাকে এবং ধাতুকে উত্তপ্ত করলে আবার H_2 গ্যাস বার হয়ে আসে। এর সাহায্যে হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধিকরণ সম্ভব। প্রকৃতপক্ষে বিশেষ উষ্ণতায় ধাতুগুলি

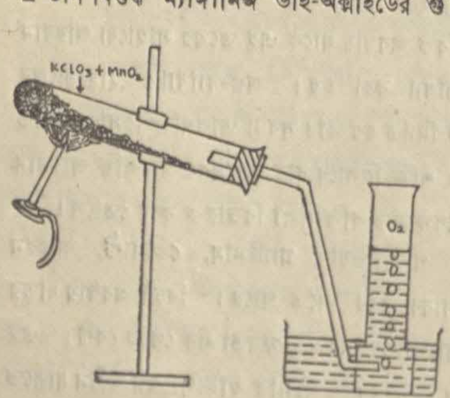
দ্বারা হাইড্রোজেন শোষিত (অন্তর্ধৃত) হয় এবং অপর বিশেষ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন বার হয়।

ব্যবহার : (1) জৈব যৌগের সংশ্লেষণে বিজারকরূপে ; (2) NH_3, HCl, CH_3OH এর শিল্প উৎপাদনে ; (3) প্রানিজ ও উদ্ভিজ্জ তেলের হাইড্রোজেনেশানে—কৃত্রিম ঘি ও বাটার উৎপাদনে ; (4) কয়লা এবং বিভিন্ন পেট্রোলিয়াম অংশের হাইড্রোজেনেশানে—কৃত্রিম পেট্রোল উৎপাদনে ; (5) বেলুন ও বিমানে ; (6) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা উৎপাদনে—প্রায় 3000° সে. উষ্ণতা সৃষ্টি হয়। এই শিখা কোয়ার্টজ ও প্ল্যাটিনাম গলনে, ধাতু ঝালাইএ এবং লাইম-লাইট উৎপন্নে ব্যবহৃত হয় ; (7) পার-মাণবিক হাইড্রোজেন টর্চ্চ প্রস্তুতিতে, ধাতু ঝালাইএ ব্যবহৃত হয়।

অক্সিজেন

শীলে এবং প্রীস্টলী 1774 সালে পৃথকভাবে অক্সিজেন আবিষ্কার করেন। লাভয়েসিয়ে অক্সিজেন নামটি দেন। মৌলিক পদার্থগুলির মধ্যে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সবথেকে বেশী। বায়ুতে অক্সিজেন মৌল হিসাবে (আয়তন অনুসারে প্রায় 21%) পাওয়া যায়। এ ছাড়া জল, মাটি, বিভিন্ন শিলা ও খনিজপদার্থ, ভূত্বক এবং উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতের বিভিন্ন অংশে অক্সিজেন যৌগ হিসাবে উপস্থিত থাকে।

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি : ওজন অনুসারে 4 ভাগ পটাসিয়াম ক্লোরেট ও 1 ভাগ বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের গুঁড়ার উত্তমমিশ্রণ শক্ত কাচের নলে উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। উদ্ভূত অক্সিজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। (চিত্র B 1.3) এই বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অণুঘটক রূপে কাজ করে। শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করলে 357° সে. উষ্ণতায় $KClO_3$ গলে যায় এবং 380° সে. উষ্ণতায় অক্সিজেন নির্গমন আরম্ভ হয় :



চিত্র B. 1.3 অক্সিজেন প্রস্তুতি

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ কিন্তু বিক্রিয়া চলার সাথে পারক্লোরেট উৎপন্ন হয় এবং

অক্সিজেন নির্গমন শ্লথ হয়ে আসে : $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$. 610° সে. উষ্ণতায় $KClO_4$ গলে যায় এবং 630° সে. উষ্ণতায় আবার অক্সিজেন নির্গমন আরম্ভ হয় : $KClO_4 = KCl + 2O_2$.

পটাসিয়াম ক্লোরেটের সাথে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করার ফলে 250° সে. উষ্ণতায় $KClO_3$ বিযোজিত হয়ে দ্রুতগতিতে অক্সিজেন নির্গত করে : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

বিক্রিয়ার শেষে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে। এই অবশেষকে জল দিয়ে ভাল করে ধুয়ে (KCl দ্রবীভূত হয়ে যায়) এবং শুষ্ক করে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে ভর ও গঠনে অপরিবর্তিত অবস্থায় ফিরে পাওয়া সম্ভব।

প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি : (1) **অক্সিজেন-সমৃদ্ধ লবণের তাপ বিযোজন :** ক্লোরেট, পারক্লোরেট, নাইট্রেট, ডাইক্রোমেট, পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদি অক্সিজেন সমৃদ্ধলবণ উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন নির্গত হয় :

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2 \; ; \; 2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$
$$4K_2Cr_2O_7 = 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$$
$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2 \text{ (বিশুদ্ধ } O_2 \text{ পাওয়া যায়)}$$

(2) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লোহিত তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে বিযোজিত হয়ে যায় এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে : $4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও অনুরূপভাবে বিযোজিত হয়

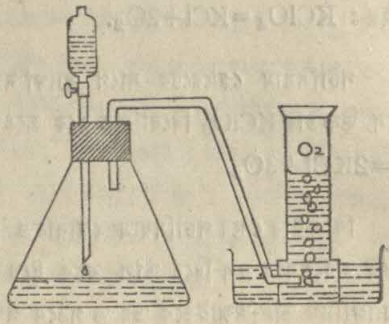
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

(3) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড, অনেক ধাতব পার-অক্সাইড (যেমন, BaO_2), ধাতব ডাই-অক্সাইড (যেমন, PbO_2, MnO_2) এবং অনেক ধাতুর উচ্চতর অক্সাইড উত্তাপে বিযোজিত হয় এবং নিম্নতর অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 \qquad 2BaO_2 \rightleftharpoons 2BaO + O_2$$
$$2PbO_2 \rightleftharpoons 2PbO + O_2 \qquad 3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$
$$4CrO_3 = 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন প্রস্তুতি।

পরীক্ষা : বিন্দুপাতি ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি শঙ্কুকূপীতে কিছু শুষ্ক সোডিয়াম পার-অক্সাইড নাও (চিত্র B 1. 4.)। ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে জল ঢাল। জল সোডিয়াম পার-অক্সাইডের সাথে **সাধারণ উষ্ণতায়** বিক্রিয়া করে অক্সিজেন উৎপন্ন করে। অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা সংগ্রহ কর।



চিত্র B. 1. 4

$$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতি। পরীক্ষা : চিত্র B 1.4 অনুযায়ী হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড শঙ্কু কূপীতে নিয়ে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের শীতল মিশ্রণ বিন্দুপাতি ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে যোগ করলে সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

(4) কিছু ভারী ধাতুর (এই ধাতুগুলি মৃদু পরাতড়িৎবাহী) অক্সাইড-উত্তাপে বিযোজিত হয়ে অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$2HgO\rightleftharpoons 2Hg+O_2$ [450° সে. উষ্ণতায়, বিক্রিয়া উভমুখী]

$2Ag_2O=4Ag+O_2$ [350° সে. উষ্ণতায়]

(5) ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, MnO_2 গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$4CrO_3+6H_2SO_4=2Cr_2(SO_4)_3+6H_2O+3O_2$$
$$2K_2Cr_2O_7+10H_2SO_4=4KHSO_4+2Cr_2(SO_4)_3+8H_2O+3O_2$$
$$2MnO_2+2H_2SO_4=2MnSO_4+2H_2O+O_2$$

কয়েক ফোঁটা কোবাল্ট ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করে ব্লিচিং পাউডারের জলীয় দ্রবণ বা লেই উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন বার হয় :

$$2Ca(OCl)Cl=2CaCl_2+O_2$$

শিল্প পদ্ধতি : জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা এবং তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে শিল্প পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়।

ভৌতধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন, স্বচ্ছ গ্যাসীয় পদার্থ। গ্যাসীয় অক্সিজেন তরলীভূত করলে ফিকে নীল বর্ণের তরল অক্সিজেন এবং তরল অক্সিজেন তরল হাইড্রোজেনে শীতল করলে নীল বর্ণের কঠিন অক্সিজেন পাওয়া যায়। অক্সিজেন একটি মাত্র পদার্থ যা শ্বাসকার্যে সহায়তা করে। অক্সিজেনের বৈশিষ্টগুলি হল : চিহ্ন O ; আণবিক সংকেত O_2 ; পারমাণবিক সংখ্যা 8 ; পারমাণবিক ওজন 15·9994 ; ইলেকট্রনীয় গঠন $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$; NTP তে ঘনত্ব 1·43 গ্রাম/লিটারে ; গলনাঙ্ক −218·4° সে. ; স্ফুটনাঙ্ক −183·0° সে. ; জলে দ্রাব্যতা NTP তে 48·9 মি.লি./লিটারে ; জারণ সংখ্যা −2, −1 ; আইসোটোপ তিনটি (ভর সংখ্যা 16, 17, 18)।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) অক্সিজেন নিজে দাহ্য নয়, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে। যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয় তাকে দহন বলে। অক্সিজেন একটি অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ। অনেক অধাতব ও ধাতব মৌল এবং বহু যৌগ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে এবং এই বিক্রিয়ার সময় বহুক্ষেত্রেই তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয়।

(2) **অধাতব মৌলের সাথে বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত কার্বণ, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অক্সিজেনে দীপ্ত শিখায় জ্বলে ওঠে এবং আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$C+O_2=CO_2$; $S+O_2=SO_2$; $4P+5O_2=2P_2O_5$.

ধাতব মৌলের সাথে বিক্রিয়া : উত্তপ্ত সোডিয়াম ও পটাসিয়াম অক্সিজেনে যথাক্রমে হলুদ ও বেগুনী শিখায় জ্বলে সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও পটাসিয়াম ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে—উৎপন্ন অক্সাইড দুটি জলের সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$2Na+O_2=Na_2O_2$ $2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$

$K+O_2=KO_2$ $4KO_2+2H_2O=4KOH+3O_2$

অনুরূপ ভাবে ম্যাগনেসিয়াম ও লোহার অক্সিজেনে দহনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় : $2Mg+O_2=2MgO$; $3Fe+2O_2=Fe_3O_4$ ধাতুর সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় যে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয় তারা সাধারণতঃ ক্ষারকীয় অক্সাইড।

কপার, সিলভার প্রভৃতি ধাতু অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে অক্সাইড উৎপন্ন হয়, কিন্তু কোন আলোক উৎপন্ন হয় না। সুতরাং এই বিক্রিয়া দহন নয়।

$2Cu+O_2=2CuO \quad 4Ag+O_2=2Ag_2O$

(4) **যৌগের সাথে বিক্রিয়া :** (i) সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন ফেরাস, স্ট্যানাস, কিউপ্রাস লবণগুলিকে জারিত করে—

$4FeSO_4+2H_2SO_4+O_2=2Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$

$2SnCl_2+4HCl+O_2=2SnCl_4+2H_2O$

$4CuCl+4HCl+O_2=4CuCl_2+2H_2O$

অনুরূপভাবে সালফিউরাস অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয় :

$$2H_2SO_3+O_2=2H_2SO_4$$

(ii) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়া অক্সিজেনের পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

$$2NO+O_2=2NO_2$$

(iii) অ্যাসিডযুক্ত ক্রোমাস ক্লোরাইডের দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে :

$$4CrCl_2+4HCl+O_2=4CrCl_3+2H_2O$$

পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেটের ক্ষারীয় দ্রবণ ও অক্সিজেন শোষণ করে এবং কালো হয়ে যায়। অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ ও অক্সিজেন শোষণ করে।

ব্যবহার : (1) প্রাণীর ও উদ্ভিদের শ্বাস কার্যেই অক্সিজেনের প্রধান প্রয়োজন। ডুবুরীদের, বিমানের আরোহীদের, পর্বত আরোহীদের এবং রোগীর শ্বাস কষ্টে শ্বাসকার্যে সহায়তার জন্য অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

(2) অক্সি-হাইড্রোজেন ও অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উৎপাদনে।

(3) সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদনে।

জল

প্রাচীন কালে জলকে মৌলিক পদার্থ রূপে গণ্য করা হত। ইংরাজ রসায়নবিদ ক্যাভেণ্ডিস 1781 সালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিয়ে জল প্রস্তুত করে প্রমাণ করেন জল একটি যৌগিক পদার্থ।

প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন পদার্থ দ্রবীভূত এবং ভাসমান অবস্থায় থাকে। উৎস অনুসারে প্রাকৃতিক জলকে বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা যায় : (1) বৃষ্টির জল (মৃদজল)—

প্রাকৃতিক উপায়ে পাতিত হয় বলে বৃষ্টির জল প্রাকৃতিক জলের মধ্যে সব থেকে বিশুদ্ধ। বায়ু মণ্ডলে উপস্থিত বিভিন্ন গ্যাস এবং ধুলিকণা বৃষ্টির জলে থাকতে পারে। (2) প্রস্রবণ বা নলকূপের জল (সাধারণতঃ খর জল)—প্রাকৃতিক উপায়ে পরিস্রাবিত হয় বলে এই জলে ভাসমান বিজাতীয় পদার্থ থাকে না। কিন্তু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। যে প্রস্রবণের জলে অতিরিক্ত পরিমাণ খনিজ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তাকে খনিজ জল বলে। অনেক সময় খনিজ জলের বিশেষ রোগ নিরাময়ের ক্ষমতা থাকে। (3) নদীর জল (খরজল)—এতে ভাসমান ও দ্রবীভূত (Na, K, Ca, Mg, Fe ঘটিত লবণ) বিজাতীয় পদার্থ থাকে। (4) সমুদ্রের জল ও হ্রদের জল (খরজল)—এই জলে সব থেকে বেশী দ্রবীভূত বিজাতীয় পদার্থ থাকে। সমুদ্রের জলে প্রায় 3·6% কঠিন পদার্থ থাকে। এর মধ্যে 2·6% হল খাদ্য লবণ।

ভৌতধর্ম: বিশুদ্ধ জল স্বাদহীন, বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং মন্দ তড়িৎপরিবাহী তরল। জল একটি প্রশম অক্সাইড। জলের বৈশিষ্ট্যগুলি হল: আণবিক সংকেত H_2O; আণবিক ওজন 18·015; গলনাঙ্ক 0° সে.; স্ফুটনাঙ্ক 760 মিমি. চাপে 100° সে.; 4° সে. উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বাধিক এবং এই ঘনত্বকে 1 গ্রা./মিলি. ধরে অন্যান্য পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (1) ধাতুর সাথে বিক্রিয়া—বিভিন্ন অবস্থায় ধাতুর সাথে জলের বিক্রিয়া পূর্বেই আলোচিত হয়েছে (পৃঃ 3)। মারকারি, গোল্ড ও প্ল্যাটিনামের সাথে জলের কোন বিক্রিয়া হয় না।

(2) ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি অধাতুর সাথেও জলের বিক্রিয়া ঘটে থাকে।

$$2F_2+2H_2O=4HF+O_2$$

$$Cl_2+H_2O=HOCl+HCl; \quad 2Cl_2+2H_2O=4HCl+O_2$$

(সূর্যালোকের উপস্থিতিতে)

$$Si+3H_2O=H_2SiO_3+2H_2$$

(3) অনেক অধাতব অক্সাইড ও ধাতব অক্সাইড জলের সাথে রাসায়নিক সংযোগে যথাক্রমে অক্সি-অ্যাসিড ও ক্ষার উৎপন্ন করে।

(4) অনেক যৌগ জল দ্বারা বিশ্লেষিত হয়। লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ পূর্বেই আলোচিত হয়েছে।

(5) অনেক বিক্রিয়া ঘটার জন্য অল্প পরিমাণে হলেও প্রভাবক রূপে জলের উপস্থিতি আবশ্যক। যেমন: শুষ্ক H_2 ও Cl_2 এর বিক্রিয়া অত্যল্প পরিমাণ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি ছাড়া ঘটে না; CO বা H_2 শুষ্ক অক্সিজেনে জ্বলে না; ইত্যাদি।

(6) কেলাস জল—অনেক যৌগিক পদার্থের অণুর সাথে এক বা একাধিক জলের অণু সংযুক্ত অবস্থায় থাকে। যৌগিক পদার্থের অণুর অংশ হিসাবেই এই জল থাকে এবং এই জলের উপস্থিতির জন্য প্রায়শঃই এই যৌগগুলি স্ফটিকাকৃতির হয়—এই জলকে **কেলাস জল** বলে। যেমন: $CuSO_4, 5H_2O$; $Na_2CO_3, 10H_2O$; $ZnSO_4, 7H_2O$; ইত্যাদি। উত্তাপের ফলে এই জল অনেক সময় বাষ্পাকারে অংশতঃ বা সম্পূর্ণতঃ উবে যায়। যেমন, নীল কপার সালফেট পেন্টাহাইড্রেটের কেলাস উত্তপ্ত করলে সাদা অনিয়াতাকার অনার্দ্র কপার সালফেটের গুড়ায় পরিণত হয়:

$$\underset{\text{(নীল)}}{CuSO_4, 5H_2O} \longrightarrow \underset{\text{(সাদা)}}{CuSO_4} + 5H_2O$$

জলের শোষক: (1) গাঢ় H_2SO_4 (2) গলিত $CaCl_2$ (3) P_2O_5 (4) ম্যাগনেসিয়াম পারক্লোরেট (5) সিলিকা জেল।

জলের সনাক্তকরণ: (1) স্বাদহীন, গন্ধহীন, বর্ণহীন তরল, গলনাঙ্ক 0°সে এবং প্রমাণ চাপে স্ফুটনাঙ্ক 100° সে.; (ii) সাদা অনার্দ্র কপারসালফেটকে ($CuSO_4$) নীল ($CuSO_4, 5H_2O$) করে; (iii) সদ্য পুড়ানো কুইক লাইমের (CaO) ডেলা জলের সংস্পর্শে হিস হিস শব্দে ভেঙ্গে সাদা গুড়ায় পরিণত হয় এবং প্রচুর তাপ বার হয়।

খরজল ও মৃদুজল

সাবানের সাথে জলের ক্রিয়ার উপর নির্ভর করে জলকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়: (1) যে জল সাবানের সাথে সহজেই ফেনা উৎপন্ন করে তাকে বলে **মৃদুজল**; (2) যে জল সাবানের সাথে সহজে ফেনা উৎপন্ন করতে পারে না, প্রথমে ছ্যাকড়া ছ্যাকড়া সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং তারপর অনেকটা সাবান ব্যবহৃত হওয়ার পর ফেনা উৎপন্ন করে তাকে বলে **খরজল**।

খরতার কারণ: জল একটি শক্তিশালী দ্রাবক। জলের উৎসের উপর নির্ভর করে প্রাকৃতিক জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণের লবণ এবং বিভিন্ন পরিমাণে সোডিয়ামের লবণ, সিলিকা, অ্যালুমিনা ইত্যাদি থাকতে পারে। খরজলে সাধারণতঃ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত

থাকে। সাধারণ সাবান হল স্টিয়ারিক অ্যাসিড ($C_{17}H_{35}COOH$), পামিটিক অ্যাসিড ($C_{15}H_{31}COOH$), অলেয়িক অ্যাসিড [$CH_3(CH_2)_7CH=CH-(CH_2)_7COOH$] ইত্যাদি জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত লবণ। এই লবণগুলি জলে দ্রাব্য এবং এরা জলের সাথে ফেনা উৎপন্ন করে। জলে যদি Ca^{++}, Mg^{++} বা Fe^{++} উপস্থিত থাকে তবে সাবানের সাথে ক্রিয়ায় উপরোক্ত অ্যাসিডগুলির Ca, Mg বা Fe ঘটিত লবণ উৎপন্ন হয়। এই লবণগুলি জলে অদ্রাব্য (অদ্রাব্য সাবান); সুতরাং প্রথমে ছ্যাকড়া ছ্যাকড়া সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং জলে উপস্থিত Ca^{++}, Mg^{++} ও Fe^{++} ব্যবহৃত হয়ে যাওয়ার পর ফেনা উৎপন্ন হয়।

$$2C_{17}H_{35}COONa+CaCl_2=(C_{17}H_{35}COO)_2Ca+2NaCl$$

(সোডিয়াম স্টিয়ারেট—দ্রবণীয় সাবান) (ক্যালসিয়াম স্টিয়ারেট—অদ্রণীয় সাবান)

Na^+ বা K^+ এর উপস্থিতি জলকে খর করে না।

জলের খরতা আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়: (1) **অস্থায়ী খরতা**—জলের যে খরতা স্ফুটনের সাহায্যে অনেক পরিমাণে দূর করা যায় তাকে বলে অস্থায়ী খরতা। ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও ফেরাস বাই-কার্বনেটের উপস্থিতি এই খরতার কারণ, (2) **স্থায়ী খরতা :** যে খরতা কোন সহজ পদ্ধতিতে দূর করা যায় না, বিশেষ রাসায়নিক পদ্ধতিতে দূর করা যায় তাকে বলে স্থায়ী খরতা। জলে $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $CaSO_4$ এর উপস্থিতি স্থায়ী খরতার কারণ। অবশ্য জলে স্থায়ী খরতার সাথে অস্থায়ী খরতাও থাকতে পারে।

খরজলের অসুবিধা : (1) অতিরিক্ত খরজল অস্বাস্থ্যকর এবং পানীয়রূপে ব্যবহারের অনুপযোগী। এতে অনেক খাদ্যদ্রব্য সুসিদ্ধ হয় না। (2) কাপড় কাচার কাজে খরজল ব্যবহারে সাবানের অপচয় হয়। (3) বয়লারে ষ্টীম উৎপাদনের জন্য খরজল ব্যবহারে বয়লারে স্তর (Scale) জমে এবং বয়লারের ক্ষয় (corrosion) হয়। ফলে অধিক জ্বালানীর প্রয়োজন হয় এবং বয়লারের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়। (4) বিভিন্ন শিল্পে যেমন, কাগজ, রং কৃত্রিম সিল্ক ইত্যাদি উৎপাদনে আয়রণমুক্ত মৃদুজল আবশ্যক।

জলের খরতা দূরীকরণ : জলের খরতা দূর করতে হলে জল থেকে Mg^{++}, Ca^{++} ও Fe^{++} আয়রণসমূহ যারা দ্রাব্য সাবানের সাথে বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সাবান উৎপন্ন করে তাদের দূর করতে হবে। এর জন্য কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা Ca^{++}. Mg^{++} ও Fe^{++} আয়নের কোন অদ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন করা হয় এবং এইভাবে এদের দূর করা হয়।

অস্থায়ী খরতার দূরীকরণ : স্থায়ী খরতা দূর করতে যে পদ্ধতিগুলি ব্যবহার করা হয় তাতে অস্থায়ী খরতাও দূর হয়। এছাড়া অস্থায়ী খরতা সহজ-পদ্ধতিতে দূর করা সম্ভব।

(1) **স্ফুটনের সাহায্যে :** অস্থায়ী খরজল ফোটালে Ca^{++} ও Mg^{++} ও Fe^{++} এর দ্রাব্য বাই-কার্বনেটসমূহ অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং CO_2 নির্গত হয়। ফেরাস কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে লালাভবাদামী বর্ণের অদ্রাব্য ফেরিক্ হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে মৃদুজল পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$

$$Fe(HCO_3)_2 = FeCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 \text{ (বায়ু থেকে)} = Fe(OH)_3 \downarrow + 4CO_2$$

ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট জলে কিছুটা দ্রাব্য (15° সে. উষ্ণতায় লিটার প্রতি 0 84 গ্রা.)। সুতরাং স্ফুটনের সাহায্যে $Mg(CHO_3)_2$ জনিত অস্থায়ী খরতা সম্পূর্ণ দুর করা যায় না।

(২) **ক্লার্ক-পদ্ধতি : কলিচুনের সাহায্যে :** কলিচুন ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটে এবং ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটকে প্রথমে অল্প-দ্রাব্য ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে এবং অতিরিক্ত কলিচুন $MgCO_3$ কে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করে।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\ CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 \downarrow + CaCO_3 + 2H_2O$$

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3$$

একমোল $Mg(HCO_3)_2$ এর জন্য 2 মোল $Ca(OH)_2$ প্রয়োজন। যে জলের অস্থায়ী খরতা দুর করতে হবে সেই জলের খরতার পরিমাণ প্রথমে পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করা হয় এবং সেই অনুযায়ী গণনা করে উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন যোগ করা হয়। অতিরিক্ত পরিমাণ কলিচুন যোগ করলে Ca^{++} আয়নের উপস্থিতির জন্য জল পুনরায় খর হয়ে যাবে।

বড় বড় ট্যাঙ্কে অস্থায়ী খরজলের সাথে উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন মিশিয়ে আলোড়কের সাহায্যে আলোড়িত করা হয় এবং পরে থিতাতে দেওয়াতে হয়। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়ার পর উপরের মৃদুজল পরিস্রাবক স্তরের সাহায্যে পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয়।

স্থায়ী খরজলের মৃদুকরণ : স্থায়ী খরজলের খরতা দূরকরণের সময় অস্থায়ী খরতা উপস্থিত থাকলে তাও দূর হয়ে যায়।

(1) কলিচুন-সোডা পদ্ধতি : কলিচুন জলের অস্থায়ী খরতা দূর করতে পারলেও স্থায়ী খরতা দূর করতে পারে না। আবার কাপড় কাচার সোডারও জলের স্থায়ী খরতা দূর করার ক্ষমতা সীমিত—কারণ Mg^{++} উপস্থিত থাকলে কিছুটা দ্রাব্য $MgCO_3$ উৎপন্ন হয়। কিন্তু কলিচুন ও সোডা এই দুটি পদার্থের সম্মিলিত ব্যবহারের দ্বারা অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই দূর করা সম্ভব। কলিচুন ও সোডা খরজলে যোগ করলে উপস্থিত Ca^{++} ও Mg^{++} অদ্রাব্য $CaCO_3$ ও $Mg(OH)_2$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় :

স্থায়ী খরতা : $CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$

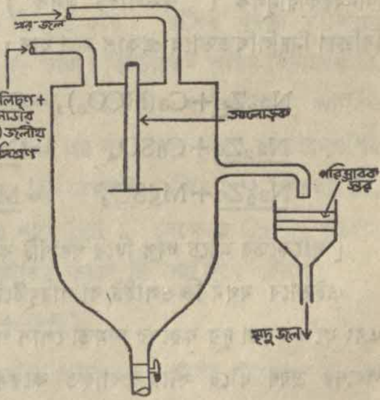
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2\downarrow + CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2\downarrow + CaCl_2$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaCl$$

অস্থায়ী খরতা : (ক্লার্ক পদ্ধতির সমীকরণ দ্রষ্টব্য)।

শীতল কলিচুন-সোডা পদ্ধতি : প্রথমে খরজল বিশ্লেষণ করা হয় এবং প্রয়োজনীয় কলিচুন ও সোডার পরিমাণ গণনা করে বার করা হয়। তারপর বড় ট্যাঙ্কে খরজলের সাথে গণনা করে পাওয়া উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন ও সোডা মিশানো হয় এবং আলোড়কের সাহায্যে ভালভাবে আলোড়িত করা হয়। এখন $CaCO_3$ অতিপৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে—ফলে $CaCO_3$ এর অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয় না। এই অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করার জন্য পূর্ববর্তী



চিত্র B. 1.5

ব্যাচের অধঃক্ষিপ্ত পঙ্ক (sludge) এই জলের সাথে মিশিয়ে আলোড়কের সাহায্যে ভালভাবে আলোড়িত করা হয় এবং এরপর থিতাতে দেওয়া হয়। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে

পড়লে উপরের মৃদুজল পরিস্রাবক স্তরের উপর চালনা করে পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয় (চিত্র B 1.5) ।

উষ্ণ কলিচুন সোডা পদ্ধতি : এই পদ্ধতি শীতল পদ্ধতির অনুরূপ । শুধু $CaCO_3$ ও $Mg(OH)_2$ এর অধঃক্ষেপণ দ্রুত এবং সম্পূর্ণরূপে ঘটানোর জন্য বিক্রিয়াটি জলের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উষ্ণতায় ঘটানো হয় ।

(2) **জিওলাইট বা পারমুটিট পদ্ধতি :** প্রকৃতিতে জিওলাইট নামক এক ধরণের খনিজ পদার্থ পাওয়া যায় । এরা হল জটিল সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট । এরা কেলাসীয় পদার্থ এবং অতিকায় অণু হিসাবে অবস্থান করে । যেমন ন্যাট্রোলাইট, $Na_2O, Al_2O_3, 3SiO_2, 2H_2O$ । জিওলাইট খরজলের Ca^{++}, Mg^{++}, Fe^{++} আয়নগুলির সাথে নিজের Na^+ আয়ন বিনিময় করে নেয় (Ca^{++}, Mg^{++}, Fe^{++} এর দ্রাব্য লবণ অদ্রাব্য যৌগে রূপান্তরিত হয়) । ফলে খরজল মৃদুজলে পরিণত হয় । সোডিয়াম সিলিকেট ও সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের দ্রবণ মিশ্রিত করে কৃত্রিম উপায়ে জিওলাইটের মত পদার্থ উৎপন্ন করা হয়েছে । ইহা পারমুটিট নামে পরিচিত । পারমুটিট সচ্ছিদ্র কাচের মত পদার্থ এবং এর খরজল মৃদু করণের ক্ষমতাও অনেক বেশী ।

জিওলাইট বা পারমুটিটের সাহায্যে সাধারণ উষ্ণতায় অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই দূর করা সম্ভব । জিওলাইট বা পারমুটিটকে Na_2Ze [Ze = জটিল ক্যাটায়ন বিনিময়কারীমূলক ("জিওলাইট মূলক")] দ্বারা প্রকাশ করলে জলের মৃদু করণের বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায় :

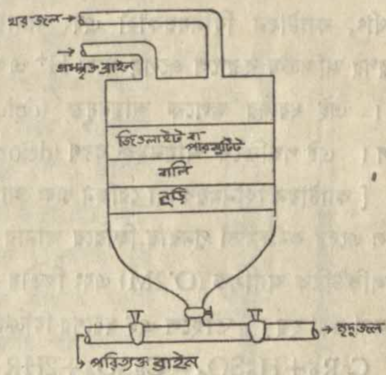
$$\underline{Na_2Ze} + Ca(HCO_3)_2 = \underline{CaZe} + 2NaHCO_3$$
$$\underline{Na_2Ze} + CaSO_4 = \underline{CaZe} + Na_2SO_4$$
$$\underline{Na_2Ze} + MgSO_4 = \underline{MgZe} + Na_2SO_4 \text{ ইত্যাদি ।}$$

[সংকেতের নীচে দাগ দিয়ে পদার্থটি কঠিন অবস্থায় আছে বোঝানো হয়েছে]

এইভাবে যখন জিওলাইট বা পারমুটিটের প্রায় সব Na^+ আয়ন বিনিময় হয়ে যায় এবং ফলে খরতা দূর করণের ক্ষমতা লোপ পায় তখন এর মধ্যদিয়ে খরজলের বদলে খাদ্য লবণের দ্রবণ ধীরে ধীরে প্রবাহিত করে জিওলাইট বা পারমুটিটকে পুনরুজ্জীবিত করে নেওয়া হয় :

$$\underline{CaZe} + 2NaCl = \underline{Na_2Ze} + CaCl_2$$
$$\underline{MgZe} + 2NaCl = \underline{Na_2Ze} + MgCl_2$$

বৃহৎ উচ্চ সিলিণ্ডারের মত প্রকোষ্ঠের নীচের থেকে কিছুটা উপরে সছিদ্র তলার উপর প্রথমে পাথরের নুড়ি ও তারপর মোটা বালির আস্তরণের উপর জিওলাইট বা পারমুটিটের স্তর বিছিয়ে দেওয়া হয়। উপর থেকে খরজল ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয় এবং নীচ থেকে মৃদু জল সংগ্রহ করা হয়। জিওলাইট বা পারমুটিটের সক্রিয়তা লোপ পেলে খর-জল প্রবাহ বন্ধ করে সম্পৃক্ত ব্রাইন দ্রবণ প্রবাহিত করা হয় এবং জিও-লাইট বা পারমুটিটকে এই দ্রবণের সংস্পর্শে রেখে (12 ঘণ্টা) এদের সক্রিয়তা পুনরুজ্জীবিত করা হয় (চিত্র B 1.6)। জিওলাইট বা পারমুটিট পদ্ধতিতে যে মৃদু জল পাওয়া যায় তাতে Na^+, Cl^- ইত্যাদি আয়ন থেকে যায়।



চিত্র B. 1.6

আয়ন-বিনিময় রেজিন পদ্ধতি: আধুনিককালে জলের খরতা দূরীকরণে কৃত্রিম জৈব আয়ন-বিনিময় রেজিন বহুল ব্যবহৃত হয়। রেজিন দুই প্রকারের: ক্যাটায়ন বিনিময়কারী এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারী। প্রথম প্রকারের রেজিন ক্যাটায়ন বিনিময় করে এবং দ্বিতীয় প্রকারের রেজিন অ্যানায়ন বিনিময় করে। জলের খরতা দূরীকরণে যে ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন ব্যবহৃত হয় তারা হাইড্রোজেন আয়ন বিনিময়কারী, এদের মধ্যে সাধারণতঃ সালফোনিক অ্যাসিড ($-SO_3H$) বা কার্বক্সিল অ্যাসিড ($-COOH$) মূলক থাকে। ঐ মূলকের H^+ এর সাথে জল মধ্যস্থ ক্যাটায়নগুলির বিনিময় ঘটে। একটি হাইড্রোজেন ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন হচ্ছে জিওকার্ব H, এই ধরণের রেজিনের সংকেত লেখা যেতে পারে HR। সেক্ষেত্রে $CaCl_2$ বর্তমান আছে এমন খরজল ঐ রেজিনের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করলে বিক্রিয়া হবে এইরূপ:

$$CaCl_2 + 2HR = CaR_2 + 2HCl$$

অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনগুলি ক্ষারকীয় প্রকৃতির। এদের সাধারণ সংকেত লেখা যেতে পারে R_4NOH (R = অ্যালকিলমূলক)। এদের মধ্যস্থ OH^- আয়নের সাথে জল মধ্যস্থ অন্য অ্যানায়নের বিনিময় হয়। জলকে প্রথমে ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের মধ্যদিয়ে পাঠালে জল মধ্যস্থ ক্যাটায়নগুলি দূরীভূত হয়, কিন্তু অ্যানায়নগুলি

থেকে যায় অ্যাসিড হিসাবে। এইবার জলকে অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনের মধ্য দিয়ে পাঠালে এই ধরণের বিক্রিয়া হয়: $R_4NOH+HCl=R_4NCl+H_2O$ অর্থাৎ, ক্যাটায়ন বিনিময়কারী এবং আনায়ন বিনিময়কারী রেজিন বেডের উপর দিয়ে পরপর অতিক্রম করালে জলের মধ্যে H^+ এবং OH^- ব্যতীত অন্য আয়নগুলি থাকে না। এই ধরণের জলকে আয়নমুক্ত (deionised) জল বলে। এই জল অবশ্যই মৃদু জল। এই পদ্ধতিকে আয়নমুক্ত করণ (deionisation) পদ্ধতিও বলে।

[ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনের ক্ষমতা লুপ্ত হলে এদের কর্মক্ষমতা পুনরায় ফিরিয়ে আনার জন্য এদের মধ্য দিয়ে প্রথমক্ষেত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (O·2M) এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণ (O·2M) চালনা করা হয়। তাহলে এই ধরণের বিক্রিয়া হয়:

$$CaR_2+H_2SO_4=CaSO_4+2HR \; ; \; R_4NCl+NaOH$$
$$=R_4NOH+NaCl \text{]}$$

খরতার প্রকাশ: জলের কোন নমুনার খরতা x ডিগ্রী বলতে বোঝায় এই জলের 1,000,000 ভাগে x ভাগ $CaCO_3$ বা এর তুল্য পরিমাণ খরতা উৎপাদনকারী পদার্থ উপস্থিত আছে। খরতা উৎপাদনকারী লবণ যেমন Mg, Fe ইত্যাদি লবণের পরিমাণ $CaCO_3$ এর তুল্যে প্রকাশ করা হয়।

জলের সংযুতি: (1) আয়তনিক সংযুতি:

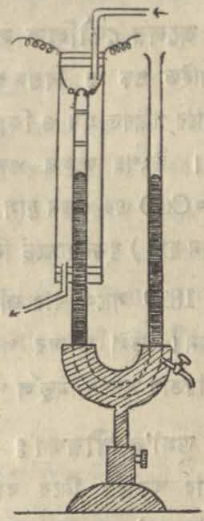
(a) **বৈশ্লেষিক পদ্ধতি:** হফম্যানের ভল্টামিটার যন্ত্রে ঈষৎ অম্লায়িত জলের তড়িৎ বিশ্লেষণের দ্বারা ক্যাথোডে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে এক আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। সুতরাং জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনিক অনুপাত হল 2 : 1।

(b) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি:**

হফম্যানের পরীক্ষা: হফম্যান তাঁর পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও স্টীমের মধ্যে আয়তনিক সম্পর্ক নির্ণয় করেন এবং এর থেকে স্টীমের সংকেত নির্ণয় করা যায়। হফম্যান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করেন এবং বিক্রিয়াটি স্টীমের তরলীভবনের উষ্ণতার ঊর্ধ্ব উষ্ণতায় ঘটান যাতে উৎপন্ন জল স্টীম আকারে থাকে। হফম্যানের পরীক্ষাটি নিম্নরূপ।

একটি এক মুখ বন্ধ ও এক মুখ খোলা U-আকৃতির নল নেওয়া হয়। বন্ধ মুখের বাহুটি অংশাঙ্কিত এবং বন্ধ মুখের কাছে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণের জন্য দুটি প্ল্যাটিনামের তার লাগানো থাকে। বন্ধদিকের বাহুকে আবৃত করে প্রবেশ-নল ও নির্গম-নল যুক্ত একটি

মোটা-নল থাকে। খোলা মুখের দিকের বাহুটির নীচের দিকে একটি স্টপকক যুক্ত নির্গম নল থাকে। এখন U নলটিকে প্রথমে পারদ পূর্ণ করা হয় এবং তারপর পারদের অপসারণের দ্বারা দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন অংশাঙ্কিত বাহুতে ভরা হয়। এখন মোটা নলের ভিতর দিয়ে অ্যামিল অ্যালকোহলের বাষ্প (উষ্ণতা প্রায় 132° সে.) চালনা করা হয়, ফলে অংশাঙ্কিত বাহুর গ্যাস মিশ্রণ উত্তপ্ত হয় এবং কিছুক্ষণের মধ্যে এই উষ্ণতা সমতাপ্রাপ্ত হলে U-নলের দুই বাহুতে পারদতল সমান করে অংশাঙ্কিত বাহুতে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন দেখে নেওয়া হয়। তারপর প্ল্যাটিনামের তার দুটিকে আবেশ কুণ্ডলীর সাথে যোগ করে গ্যাস মিশ্রণের ভিতর তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করা হয় (চিত্র B. 1.7)। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন করে, কিন্তু উষ্ণতা প্রায় 132° সে. থাকায় ইহা বাষ্পাকারে থাকে। দুই বাহুতে আবার পারদ তল সমান করে বাষ্পের আয়তন মেপে নেওয়া হয়। দেখা যায় এই আয়তন গ্যাস মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ। এরপর অ্যামিল অ্যালকোহলের বাষ্প চালনা বন্ধ করে যন্ত্রটিকে শীতল করা হয়। বাষ্প তরল জল হতে থাকে এবং পারদ ধীরে ধীরে উপরে (বন্ধ বাহুতে) উঠতে থাকে। এইভাবে সমস্ত বাষ্প জল হয়ে গেলে পারদ সম্পূর্ণ বাহুটিকে পূর্ণ করে ফেলে —অর্থাৎ বাহুটিতে আর হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন থাকে না। তাহলে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিলিত হয়ে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ জলের আয়তন-সংযুতি হল :



চিত্র B. 1 7
হফম্যানের পরীক্ষা

হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : বাষ্প = 2 : 1 : 2

স্টীমের সংকেত : পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হয়ে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়। মনে করি, ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে x সংখ্যক অণু আছে, তাহলে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে

2 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে 2 অণু জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে
বা, 1 " " $\frac{1}{2}$ " " " " 1 " " " " "
বা, 2 পরমাণু „ 1 পরমাণু " " " 1 " " " " "

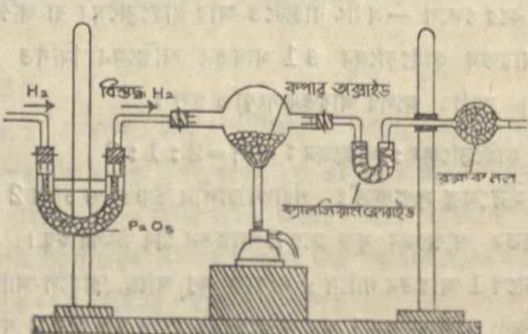
∴ স্টীমের অণুর সংকেত হল H_2O

তরল জলে একাধিক অণু একত্রে থাকতে পারে। সুতরাং তরল জলের সংকেত অনেক সময় সময় $(H_2O)x$ লেখা হয়।

জলের তৌলিক সংযুতি (1) ডুমা'র পদ্ধতিঃ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে CuO বিজারিত হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয় ও কিছুটা ওজন হারায় এবং হাইড্রোজেন জারিত হয়ে জলে পরিণত হয়। উৎপন্ন জলের ওজন ও CuO এর ওজন হ্রাস নির্ণয় করে কি পরিমাণ অক্সিজেন (=CuO এর ওজন হ্রাস) ও কি পরিমাণ হাইড্রোজেন (জলের ওজন − CuO এর ওজন হ্রাস) যুক্ত হয়েছে নির্ণয় করা যায়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

1819 সালে বারজেলিয়াস এবং ডুলং এই পদ্ধতিতে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করেন। ডুমা তাঁদের পরীক্ষার কিছু ত্রুটি বার করেন এবং 1842 সালে স্টাসের সহায়তায় আরও নির্ভুল পরীক্ষার সাহায্যে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করেন।

ডুমা'র পরীক্ষাঃ ডুমা দীর্ঘ গলাযুক্ত একটি শক্ত কাচের বাল্বে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কপার অক্সাইড নিয়ে বায়ুশূন্য করে ওজন নেন। পূর্বে ফোটানো (দ্রবীভূত বায়ু দূর করার জন্য) লঘু H_2SO_4 ও জিঙ্কের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেন এবং নিম্নের বিকারকগুলি পূর্ণ পরপর সাতটি U-নলের ভিতর দিয়ে চালনা করে এই হাইড্রোজেন গ্যাসকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করেন : (1) $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ (H_2S দূর করার জন্য) (2) Ag_2SO_4 দ্রবণ (AsH_3 দূর করার জন্য) (3) কষ্টিক পটাশ −3টি U-নল (আম্লিক বাষ্প দূর করার জন্য) (4) P_2O_5 −2টি U-নল (শুষ্ক করার জন্য)। এরপর P_2O_5 পূর্ণ আর একটি U-নলের (সাক্ষী নল) ভিতর দিয়ে চালনা করার পর হাইড্রোজেন গ্যাস কপার অক্সাইড যুক্ত বাল্বের ভিতর চালনা করা হয়। হাইড্রোজেন পরিপূর্ণ শুষ্ক হলে এই সাক্ষী নলের ওজন অপরিবর্তিত থাকবে।



চিত্র B. 1. 8. ডুমার পরীক্ষা

উৎপন্ন জল সংগ্রহ করার জন্য CuO যুক্ত বাল্ব অপর প্রান্তে একটি বাল্ব (এই বাল্বের

মুখে $CaCl_2$ ভরা থাকে) এবং তারপর একটি কস্টিক পটাশ পূর্ণ U-নল এবং একটি P_2O_5 পূর্ণ U-নল যুক্ত করা হয় (এদের ওজন পূর্বে করে নেওয়া হয়)। তারপর আর একটি P_2O_5 পূর্ণ U-নল (সাক্ষী-নল—এর ওজনও অপরিবর্তিত থাকবে) ও একটি P_2O_5 পূর্ণ রক্ষক নল (জলীয় বাষ্প রোধ করার জন্য) যোগ করা হয়। ডুমা'র যন্ত্র B 1.8 চিত্রে দেখানো হল (চিত্রে অবশ্য যন্ত্রের সমগ্র অংশ দেখানো হল না)। প্রথমে হাইড্রোজেনের প্রবাহে সমস্ত বায়ু দূর করা হয় এবং তারপর হাইড্রোজেনের প্রবাহে CuO কে বার্ণারের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় (ডুমা একটি বড় স্পিরিট ল্যাম্প দিয়ে প্রায় 12 ঘন্টা এইভাবে উত্তপ্ত করেন)। তারপর হাইড্রোজেন গ্যাসের স্রোতে অবশিষ্ট Cu মিশ্রিত CuO কে শীতল করা হয় এবং তারপর হাইড্রোজেন বায়ু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয়। অতঃপর Cu ও CuOএর মিশ্রণ যুক্ত বাল্ব বায়ু শূন্য করে ওজন নেওয়া হয় এবং জল সংগ্রাহক বাল্ব ও U নল দুটির ওজন নেওয়া হয়।

গণনা : মনে করি

পরীক্ষার পূর্বে কপার অক্সাইড যুক্ত বালবের ওজন $= W_1$ গ্রাম

" পরে Cu+CuO যুক্ত " " $= W_2$ গ্রাম

∴ জল উৎপাদনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে জল সংগ্রাহক বাল্ব ও U-নলের ওজন $= W_3$ গ্রাম

" পরে " " " " $= W_4$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন জলের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম।

∴ এই পরিমাণ জল উৎপাদনে হাইড্রোজেনের পরিমাণ

$$= (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2) \text{ গ্রাম}$$

অর্থাৎ, $(W_1 - W_2)$ গ্রা. অক্সিজেন $(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$ গ্রা. হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে $(W_4 - W_3)$ গ্রাম জল উৎপাদন করে।

তাহলে, জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত হল :

$$(W_1 - W_2) : (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$$

ডুমা এই রকম 19টি পরীক্ষা থেকে নির্ণয় করেন যে জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তৌলিক সংযুতি হল : 7·98 : 1·00

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

পার-অক্সাইডে দুটি অক্সিজেন পরমাণু পরস্পরের সাথে একটি সমযোজ্যতা বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে (O – O)। পার-অক্সাইড আয়নের (O_2^{2-}) যোজ্যতা 2 এবং

প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা হল -1 ; হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গঠন হল : $H-O-O-H$। ডাই-অক্সাইড যেমন, PbO_2 বা MnO_2 তে অক্সিজেন পরমাণু দুটি পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে না এবং প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা -2।

থেনার্ড 1818 সালে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

প্রস্তুতি : (1) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লবণের (ধাতব পার-অক্সাইডের) সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। যথা—

$Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$; $3BaO_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2+3H_2O_2$; $BaO_2+H_2SiF_6=BaSiF_6+H_2O_2$

(i) **পরীক্ষাগার প্রস্তুতি :** নিম্ন উষ্ণতায় (যথা 0° সে. এ) সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সাথে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় : $BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4+H_2O_2$

একটি বিকারে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের মিহি গুড়োর সাথে জল যোগ করে একটি পাতলা লেই প্রস্তুত করা হয়। এতে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড (BaO_2, $8H_2O$) উৎপন্ন হয়। (হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের এই প্রস্তুতিতে অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয় না, কারণ এই প্রস্তুতিতে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের কণার উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের একটি আস্তরণ পড়ে, ফলে H_2SO_4-এর সাথে সহজে আর বিক্রিয়া হয় না।) আর একটি বিকারে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (20%) দ্রবণ নিয়ে বিকারটি বরফের গুড়োর মধ্যে বসিয়ে শীতল করা হয় এবং এই শীতল H_2SO_4 দ্রবণ ক্রমাগত নাড়তে থাকা হয় ও এর মধ্যে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই ধীরে ধীরে যোগ করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণ অতি মৃদু আম্লিক হয়। উৎপন্ন মিশ্রণকে কিছুক্ষণ শীতল অবস্থায় রেখে দেওয়া হয়। এতে অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট থিতিয়ে পড়ে। অদ্রাব্য $BaSO_4$ ছেঁকে নেওয়া হয়। পরিস্রুৎ হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ (10–20%) পাওয়া যায়।

(ii) বরফ দ্বারা শীতলীকৃত জলে ভাসমান বেরিয়াম পার-অক্সাইডের ভিতর কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রুত চালনা করলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অদ্রবণীয় বেরিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। অদ্রবণীয় $BaCO_3$ পরিস্রাবিত করে পৃথক করলে পরিস্রুৎ হিসাবে H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$BaO_2+H_2O+CO_2=BaCO_3+H_2O_2$$

(iii) বরফে শীতলীকৃত 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর হিসাব মত পরিমাণ সোডিয়াম পার-অক্সাইড ধীরে ধীরে যোগ করলে সোডিয়াম সালফেট ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বেশীর ভাগ সোডিয়াম সালফেট গ্লবার-লবণ (Na_2SO_4, $10H_2O$) হিসাবে পৃথক হয়ে যায়। পরিস্রুৎরূপে পাওয়া তরলের অনুপ্রেষ পাতনের দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

(2) শীতল 50% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের উচ্চ অ্যানোড কারেন্ট ঘনত্বে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে পার-সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_8$, উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন পার-সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ অনুপ্রেষ পাতন করলে ইহা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই পদ্ধতি H_2O_2 প্রস্তুতির একটি শিল্প পদ্ধতি।

50% H_2SO_4 দ্রবণে H^+ এবং HSO_4^- আয়ন থাকে:

$2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + 2HSO_4^-$ (বিশ্লেষণের পূর্বে)

বিশ্লেষণ কালে বিক্রিয়া:

ক্যাথোডে: $2H^+ + 2e = H_2$

অ্যানোডে: $2HSO_4^- - 2e = H_2S_2O_8$

$$2H_2SO_4 = H_2S_2O_8 + H_2$$

$H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2$ (আর্দ্র-বিশ্লেষণ)

মোট বিক্রিয়া: $2H_2O = H_2O_2 + H_2$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের গাঢ়ীকরণ: বিশুদ্ধ H_2O_2 প্রস্তুতি। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের যে জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় তাতে H_2O_2 এর ভাগ খুব কম থাকে। নিম্নলিখিতভাবে এই দ্রবণকে গাঢ় করা যায়: (1) প্রথমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ থালার মত একটি প্রশস্ত পাত্রে নিয়ে জলগাহের উপর উত্তপ্ত করে প্রায় 60% গাঢ় করা হয়—অধিকতর গাঢ় করতে গেলে H_2O_2 বিযোজিত হয়ে যায়; (2) এই গাঢ় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের অনুপ্রেষ পাতনের সাহায্যে 99% H_2O_2 দ্রবণে পরিণত করা হয়।

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথারে 95–96% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড শীতল করলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কঠিন কেলাসে পরিণত হয়। এখন –10°সে. উষ্ণতায় শীতলীকৃত 95% H_2O_2 এর মধ্যে কঠিন H_2O_2 এর কেলাস যোগ করলে বিশুদ্ধ কঠিন H_2O_2 পৃথক হয়ে আসে।

H_2O_2 দ্রবণের শক্তি : যদি 1 আয়তন কোন H_2O_2 দ্রবণের সম্পূর্ণ বিযোজনের ফলে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে x আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায় তবে সেই H_2O_2 দ্রবণের শক্তি হল "x আয়তন"। "20 আয়তন" H_2O_2 দ্রবণ বলিতে বোঝায় 1 ঘ.সে. ঐ H_2O_2 দ্রবণের সম্পূর্ণ বিযোজনের ফলে NTP তে 20 ঘ.সে. অক্সিজেন পাওয়া যায়। এখন, $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$

68 গ্রা 22400 ঘ.সে. (NTP তে).

এই সম্বন্ধ থেকে পাওয়া যায় 1% H_2O_2 দ্রবণের (100 ঘ.সে. দ্রবণে 1 গ্রাম H_2O_2 আছে) শক্তি হল "3·294 আয়তন" এবং "x আয়তন" কোন H_2O_2 দ্রবণ হল x/3·294% H_2O_2 দ্রবণ।

ভৌতধর্ম : বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (গলনাঙ্ক – 0·89°সে., স্ফুটনাঙ্ক 151°সে., 20° সে. উষ্ণতায় ঘনত্ব 1·46 গ্রা./মি.লি.), নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধ-যুক্ত সিরাপীয় তরল পদার্থ ; জল, কোহল এবং ইথারে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) স্থায়িত্ব : তাপ এবং আলোকের দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সহজেই বিযোজিত হয়ে যায়। সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং উত্তাপে দ্রুত বিযোজিত হয়ে H_2O_2 জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং প্রচুর তাপ নির্গত হয় : $H_2O_2 = H_2O + O_2 + 46200$ ক্যাল। অমসৃণ তল, ধূলিকণা, ভারী ধাতুর লবণ এবং ক্ষার এই বিযোজন কে ত্বরান্বিত করে (বর্ধক)। আবার অত্যল্প পরিমাণে অ্যাসিড (যেমন, H_3PO_4), $CaCl_2$, গ্লিসারিন, অ্যাসিটানিলাইড ইত্যাদি পদার্থ এই বিযোজনকে মন্দীভূত করে (বাধক)।

(2) বিশুদ্ধ H_2O_2 অতি মৃদু অম্লধর্মী : নীল লিটমাসকে লাল করে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গাঢ় দ্রবণ Na_2CO_3 বা $Ba(OH)_2$ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম পার-অক্সাইড বা বেরিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$$
$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$

এই ধর্ম H_2O_2 এর পার-অক্সাইড গঠন ধর্ম (peroxidising property) হিসাবেও পরিচিত।

(3) জারণ ধর্ম : কিছু পদার্থের সাথে বিক্রিয়ায় H_2O_2 জারকদ্রব্য হিসাবে কাজ করে। যেমন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (i) কালো লেড সালফাইডকে

সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে ; (ii) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ থেকে আয়োডিন নির্গত করে (I^- আয়ন I_2 এ জারিত হয়) :

(i) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

(ii) $2KI + H_2O_2 + 2HCl = 2KCl + I_2 + 2H_2O$

জারণ-ক্রিয়ার অন্যান্য উদাহরণ :

(iii) $H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$

(iv) $H_3ASO_3 + H_2O_2 = H_3ASO_4 + H_2O$

(v) $NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$

(vi) $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$

(vii) $2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

(viii) $SnCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = SnCl_4 + H_2O$

অ্যাসিড মাধ্যমে H_2O_2 এর জারণ ধর্মে কোন বিজারক দ্রব্য থেকে ত্যক্ত ইলেকট্রন H_2O_2 গ্রহণ করে জলে বিজারিত হয় (ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব)। যেমন, অ্যাসিড মাধ্যমে ফেরাস সালফেটের সাথে H_2O_2 এর বিক্রিয়ায়:

(i) $H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$ (i) ও (ii) যোগ করে

(ii) $2Fe^{++} \rightleftharpoons 2Fe^{+++} + 2e$ $2Fe^{++} + H_2O_2 + 2H^+ = 2Fe^{+++} + 2H_2O$

যখন H_2O_2 জারক দ্রব্য হিসাবে কাজ করে সব সময় জল উৎপন্ন হয়। H_2O_2 জারক ধর্মের জন্য অ্যান্টিসেপটিক এবং বিরঞ্জন গুণ দেখা যায়।

(4) বিজারণ ধর্ম : অধিক শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সাথে বিক্রিয়ায় H_2O_2 বিজারক দ্রব্যরূপে কাজ করে। কিন্তু এই বিক্রিয়ায় H_2O_2 নিজেও বিজারিত হয়ে জলে পরিণত হয়। H_2O_2 যখন বিজারকরূপে কাজ করে সর্বদা অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। যেমন,

(i) অম্লায়িত পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেটের পিংক বর্ণকে বর্ণহীন করে দেয় (MnO_4^- আয়ন Mn^{++} আয়নে বিজারিত হয়) :

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(ii) ক্লোরিনকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে বিজারিত করে (ক্লোরিন নাশক গুণ) :

$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

অন্যান্য উদাহরণ :

(iii) $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$

(iv) $O_3+H_2O_2=H_2O+2O_2$

(v) $NaOBr+H_2O_2=NaBr+H_2O+O_2$

(5) যুত-যৌগ গঠন : কিছু লবণ ও জৈব যৌগের সাথে H_2O_2 যুত যৌগ গঠন করে। যেমন $(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$; KF, H_2O_2 ; NH_2CONH_2, H_2O_2 ; ইত্যাদি। এদের পার-হাইড্রেট বলা হয়ে থাকে।

অভীক্ষণ : (i) H_2O_2 পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে আয়োডিন নির্গত করে—নির্গত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে। এই বিক্রিয়া ফেরাস সালফেটের উপস্থিতিতেও ঘটে (ওজোনের সাথে পার্থক্য)।

(ii) H_2O_2 অম্লায়িত $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে।

(iii) পারক্রোমিক অ্যাসিড পরীক্ষা : সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের লঘু জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করার পর ইথার দিয়ে ঝাঁকালে ইথার (ইথার জল থেকে হাল্কা ও জলে অদ্রাব্য) উপরে ভেসে ওঠে এবং গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করে। এই বিক্রিয়ায় নীল বর্ণের ক্রোমিয়াম পার অক্সাইড, CrO_5, উৎপন্ন হয় এবং ইহা ইথারে দ্রবণীয় বলে ইথার স্তর গাঢ় নীল বর্ণের হয়। $$H_2CrO_4+2H_2O_2=CrO_5+3H_2O$$

ব্যবহার : (1) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্যরূপে ; (2) পুরাতন তৈলচিত্রের রং ফিরিয়ে আনার জন্য ; তৈলচিত্রে যে হোয়াইট লেড ব্যবহার করা হয় বায়ুর H_2S তাকে কালো লেড সালফাইডে পরিণত করে—H_2O_2 কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে জারিত করে। (3) ব্লিচিং পাউডার বা ক্লোরিন দিয়ে বিরঞ্জিত করা ক্ষতিকারক এমন বস্তু যেমন পশম, সিল্ক, পালক, হাতির দাঁত বিরঞ্জিত করার জন্য ; (4) বিরঞ্জিত তন্তু থেকে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য ক্লোরিন নাশক (antichlor) রূপে ; (5) চিকিৎসার ক্ষেত্রে অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে—ক্ষতধৌত করার জন্য, মুখ ধোয়ার জন্য।

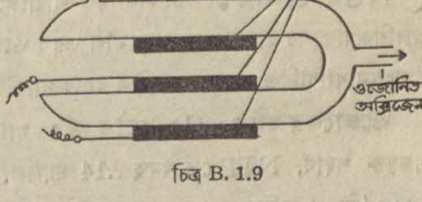
ওজোন

ওজোন অক্সিজেনের একটি বহুরূপ। 1785 সালে ভ্যান মারুম (Van Marum) ঘর্ষণজনিত তড়িৎ-যন্ত্র (electrostatic machine) নিয়ে কাজ করার সময় একটি অদ্ভুত গন্ধ পান এবং 1840 সালে শোনবাইন (Schönbein) প্রমাণ করেন যে একটি বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাসই এই গন্ধের কারণ। তিনি এর নাম দেন

ওজোন। বায়ুমণ্ডলের উপরিভাগে স্বল্প পরিমাণ এবং নিম্নভাগে খুব স্বল্প পরিমাণ ওজোন থাকে—বায়ুর অক্সিজেনের উপর অতি বেগুনী রশ্মির ক্রিয়ায় এই ওজোন উৎপন্ন হয়ে থাকে। আর্দ্র শ্বেত ফসফরাসের বায়ুতে ধীরে ধীরে দহনের সময়, অক্সিজেন-গুরু পদার্থ যেমন, প্যারম্যাঙ্গানেট ও ডাইক্রোমেট লবণের সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিযোজন করলে এবং জলের উপর ক্লোরিণের ক্রিয়ায় ওজোন উৎপন্ন হয়।

প্রস্তুতি : শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনের উপর নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের ক্রিয়ায় ওজোন (অক্সিজেন মিশ্রিত) প্রস্তুত করা হয়। অক্সিজেন আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয় : $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 2 \times 34$ কিলো-ক্যালোরি। এই বিক্রিয়া তাপ-শোষণকারী—সুতরাং উচ্চ উষ্ণতা ওজোন প্রস্তুতির সহায়ক হওয়া উচিত। কিন্তু ওজোন সাধারণ উষ্ণতায়ই ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়—সুতরাং ওজোন প্রস্তুতিতে তড়িৎ মোক্ষণে স্ফুলিংগ উৎপন্ন হলে বা অধিক উষ্ণতা সৃষ্টি হলে ওজোন বিযোজিত হয়ে যায়।

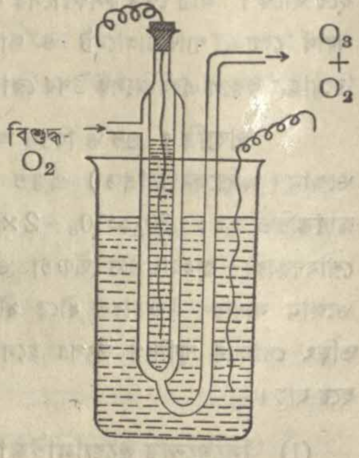
(1) **সিমেন্সের ওজোনাইজার :** সমঅক্ষযুক্ত দুটি কাচের নল দ্বারা যন্ত্রটি গঠিত। ভিতরের নলটির ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে এবং বাইরের নলটিতে একটি প্রবেশদ্বার ও একটি নির্গমদ্বার থাকে। ভিতরের নলের ভিতরের দিকে এবং বাইরের নলের বাইরের দিকে টিনের পাত লাগানো থাকে। প্রবেশদ্বার দিয়ে দুটি নলের মধ্যবর্তী অংশের ভিতর দিয়ে শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন (বা বায়ু) ধীরে ধীরে চালনা করা হয় এবং টিনের পাতদুটিকে আবেশ-কুণ্ডলীর সাথে যুক্ত করে নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণ (স্ফুলিংগ উৎপন্ন হয় না) ঘটানো হয়। অক্সিজেন আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয় এবং নির্গমদ্বার দিয়ে ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেন (বা বায়ু) বার হয়ে আসে (চিত্র B. 1.9)। শতকরা 10 ভাগের কম অক্সিজেন এই পদ্ধতিতে ওজোনে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র B. 1.9

(2) **ব্রডির ওজোনাইজার** (Brodie's Ozoniser) **:** এই যন্ত্রটি দুটি সমকেন্দ্রিক কাচনল দিয়ে গঠিত। বাইরের নলটি U আকৃতির এবং এর এক বাহু অপর বাহু থেকে প্রশস্ত—প্রশস্ত বাহুতে একটি পার্শ্ব নল থাকে। ভিতরের নলটি সরু এবং

এর ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে। এই নলটি বাইরের নলের প্রশস্ত বাহুর ভিতর প্রবিষ্ট থাকে এবং নলের খোলামুখ গলিয়ে বাইরের নলের সাথে জুড়ে দেওয়া থাকে। ভিতরের নল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে পূর্ণ করা হয় এবং এর মধ্যে একটি প্ল্যাটিনামের তার চুবিয়ে দেওয়া হয়। যন্ত্রটিকে একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ কাচের পাত্রে নিমজ্জিত করা হয় এবং পাত্রের তরলেও একটি প্ল্যাটিনামের তার ডুবানো থাকে। প্ল্যাটিনাম তার দুটিকে আবেশ-কুণ্ডলীর সাথে যুক্ত করে নিশঃব্দ তড়িৎ মোক্ষণ ঘটানো হয় এবং নলদুটির মধ্যবর্তী অংশের ভিতর দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন ধীরে ধীরে চালনা করা হয় (চিত্র B 1.10)। নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের দ্বারা অক্সিজেন অংশতঃ ওজোনে রূপান্তরিত হয়। নিম্ন উষ্ণতায় (0° সে.) এবং শক্তিশালী কুণ্ডলীর সাহায্যে স্ফুলিংগবিহীন তড়িৎ মোক্ষণের দ্বারা অক্সিজেনের ওজন অনুসারে প্রায় 25% ওজোনে রূপান্তর সম্ভব।



চিত্র B. 1. 10

বিশুদ্ধ ওজোন : ওজোনায়িত অক্সিজেনের তরলীকরণের দ্বারা উৎপন্ন তরলের আংশিকপাতনের দ্বারা বিশুদ্ধ গাঢ় নীল তরল ওজোন পাওয়া যায়। তরল ওজোনকে সাবধানে বাষ্পায়িত করলে ঘন নীল বর্ণের গ্যাসীয় ওজোন পাওয়া যায়।

ওজোনের ধর্ম : (1) ভৌত ধর্ম : গ্যাসীয় ওজোন একটি নীল বর্ণের আঁশটে গন্ধযুক্ত পদার্থ, NTP তে ঘনত্ব 2.14 গ্রা./লি. এবং NTP তে যে জলে দ্রাবতা 500 মি.লি./লি. (অক্সিজেনের থেকে বেশী)। গ্যাসীয় ওজোনকে নীল বর্ণের তরলে পরিণত করা যায় (স্ফু:—112.4° সে.) এবং তরলকে কঠিনে পরিণত করা যায় (গল : —249.7° সে.)। ওজোন জৈব দ্রাবক যেমন, গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, টারপেনটাইন তেল ইত্যাদিতে দ্রবীভূত হয় (অক্সিজেনের সাথে পার্থক্য)। টারপেনটাইন তেলে ওজোনের দ্রাব্যতা সমধিক বলে ইহা ওজোনের শোষক (absorbent) রূপে ব্যবহৃত হয়।

(2) ওজোন সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে যায়। উষ্ণতা বৃদ্ধি এই বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে, 300° সে. উষ্ণতায় ইহা তৎক্ষণাৎ বিযোজিত হয়ে যায় :

$2O_3 = 3O_2$। ধূলিকণা, ধাতব Ag, Pt, Pd এবং Mn, Co, Fe, Ag ধাতুর অক্সাইড ও কাচের গুড়ো এই বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে (বর্দ্ধক অনুঘটক)।

(3) ওজোন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। সাধারণ উষ্ণতায় যে সকল পদার্থের সাথে অক্সিজেন বিক্রিয়া করতে পারে না ওজোন সেরকম অনেক পদার্থের সাথে বিক্রিয়া করে।

(a) ওজোনের জারণ বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ একটি অক্সিজেনের পরমাণু বিক্রিয়া করে এবং অপর অংশ অক্সিজেন হিসাবে নির্গত হয়।

(i) ওজোন কালো লেড সালফাইডকে জারিত করে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয় :

$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$$

(ii) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ থেকে ওজোন বেগুনী রং-এর আয়োডিন নির্গত কর :

$$2KI + 2HCl + O_3 = 2KCl + I_2 + H_2O + O_2$$

প্রশম দ্রবণে : $2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + I_2 + O_2$

এই বিক্রিয়া ওজোনের মাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। ক্ষারকে প্রশমিত করার পর নির্গত আয়োডিন থায়োসালফেট দিয়ে টাইট্রেশন করা হয়।

(iii) অনুরূপভাবে ওজোন ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে, নাইট্রাইটগুলিকে নাইট্রেটে, আর্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিক অ্যাসিডে, আর্দ্র সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং আর্দ্র ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত করে :

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$$

$$NaNO_2 + O_3 = NaNO_3 + O_2 \; ; \; I_2 + 5O_3 + H_2O = 2HIO_3 + 5O_2$$

$$S + 3O_3 + H_2O = H_2SO_4 + 3O_2$$ ইত্যাদি।

(iv) গোল্ড ও প্লাটিনাম ছাড়া বেশীর ভাগ ধাতুই ওজোন দ্বারা সাধারণ উষ্ণতায় জারিত হয়ে যায়। ওজোন পারদকে মারকিউরাস অক্সাইডে জারিত করে (Hg_2O পারদে দ্রবীভূত থাকে) এবং এর ফলে পারদের সচলতা লোপ পায় এবং কাচের গায়ে লেগে থাকে। জল দিয়ে ঝাঁকালে পারদ আবার নিজস্ব অবস্থা ফিরে পায়।

$$2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$$

(b) কিছু বিক্রিয়ায় সম্পূর্ণ ওজোন অণুই যুক্ত হয়ে যায় এবং অক্সিজেন বার হয় না। যেমন, $3SO_2 + O_3 = 3SO_3$

$$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$$

(4) বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে ওজোন বিজারিত করে: $BaO_2+O_3=BaO+2O_2$; $H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$

কিন্তু এখানে ওজোন নিজেও বিজারিত হয় বলে এই বিক্রিয়াকে প্রকৃত বিজারণ বলা যায় না।

(5) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধযুক্ত জৈব যৌগে ওজোন যুক্ত হয়ে ওজোনাইড উৎপন্ন করে। রবারে এই ধরণের বন্ধনী থাকার জন্য ওজোন রবারকে নষ্ট করে দেয়।

অভীক্ষণ: (i) আঁসটে গন্ধ, (ii) অম্লায়িত KI দ্রবণ থেকে আয়োডিন মুক্ত করে—$FeSO_4$ এর উপস্থিতিতে আয়োডিন বার হয় না; (iii) অত্যল্প পরিমাণ ওজোনের সংস্পর্শে পারদের ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা নষ্ট হয় এবং ইহা কাচের গায়ে লেগে থাকে; (iv) তার্পিন তেলে ওজোন শোষিত হয়; (v) ওজোন টেট্রামিথাইল ক্ষারকের অ্যালকোহল দ্রবণ সিক্ত কাগজকে বেগুনী ও বেনজিডিনের অ্যালকোহল দ্রবণ সিক্ত কাগজকে বাদামী করে।

ব্যবহার: (1) জীবাণুনাশক গুণ থাকায় বায়ু (চিড়িয়াখানা, ঠাণ্ডা ঘর, টিউব রেলের সুড়ঙ্গপথ, জনাকীর্ণ ঘর ইত্যাদি স্থানের বায়ু) বিশুদ্ধ ও জীবাণুমুক্ত করণে; (2) পানীয়জল জীবাণুমুক্ত করণে; (3) তেল, মোম, হাতির দাঁত, ময়দা ইত্যাদি বিরঞ্জনের জন্য; (4) কিছু জৈব যৌগের জারণে, গঠন নির্ধারণে ও সংশ্লেষণে।

নীচের দুটি উদাহরণে ওজোনের আয়তন সংযুতি ও আণবিক সংকেত নির্ণয়ের পদ্ধতি দেখানো হল।

উদা. 1. 30 ঘ. সে. অক্সিজেনের উপর নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের ফলে দেখা গেল আয়তন সংকুচিত হয়ে 28 ঘ. সে. হয়েছে এবং এই গ্যাসে টারপেনটাইন তেল যোগ করলে 24 ঘ. সে. গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। প্রথম এবং দ্বিতীয় আয়তন সংকোচনের কারণ কি? অবশিষ্ট গ্যাসটি কি? টারপেনটাইন তেল যোগ করার ফলে যে গ্যাসটি শোষিত হয় তার আণবিক সংকেত বার কর। (সব আয়তনই NTP তে মাপা হয়)।

উত্তর: প্রথম আয়তন সংকোচনের কারণ হল অক্সিজেনের ওজোন আংশিক রূপান্তর: $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$। দ্বিতীয় আয়তন সংকোচনের কারণ হল টারপেনটাইন তেলে ওজোনের শোষণ। অবশিষ্ট গ্যাসটি অক্সিজেন।

এখন, ওজোনে আংশিক রূপান্তরের ফলে সংকোচন = 2 ঘ. সে.

টারপেনটাইন তেলে শোষিত হওয়ার ফলে সংকোচন = 4 ঘ. সে.

= উৎপন্ন ওজোনের আয়তন

তাহলে, 6 ঘ. সে. অক্সিজেন ওজোনে পরিণত হয়েছে।

∴ 4 ঘ. সে. ওজোন ≡ 6 ঘ. সে. অক্সিজেন।

বা, 2 ঘ. সে. ওজোন ≡ 3 ঘ. সে. অক্সিজেন

বা, 2 অণু ওজোন ≡ 3 অণু অক্সিজেন [অ্যাভোগ্র্যাড্রো প্রকল্পানুযায়ী]

∴ 1 অণু ওজোন ≡ $1\frac{1}{2}$ অণু বা, 3 পরমাণু অক্সিজেন।

∴ ওজোনের আণবিক সংকেত হল O_3।

উদা. 2. অংশাঙ্কিত দীর্ঘ গলাযুক্ত দুটি 250 ঘ. সে. ফ্লাস্কে একই উষ্ণতা ও চাপে ওজোনায়িত অক্সিজেনের একই নমুনার 220 ঘ. সে. করে ভরা হল। প্রথম ফ্লাস্কে টারপেনটাইন তেল যোগ করার ফলে আয়তন সংকুচিত হয়ে 198 ঘ. সে. হল। দ্বিতীয় ফ্লাস্ককে উত্তপ্ত করার ফলে একই উষ্ণতা ও চাপে আয়তন প্রসারিত হয়ে 231 ঘ. সে. হল। প্রথম ক্ষেত্রে আয়তন সংকোচন ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণের কারণ কি? ওজোনের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 24)

উত্তর : টারপেনটাইন তেলে ওজোনের শোষণের ফলে প্রথম ক্ষেত্রে আয়তন সংকোচন হয়। উত্তাপে ওজোনের অক্সিজেনে রূপান্তরের ফলে দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণ ঘটে : $2O_3 = 3O_2$।

এখন, আয়তন সংকোচন = (220 − 198) বা 22 ঘ. সে. = ওজোনের আয়তন

উত্তাপে ওজোনের বিযোজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন

= (22 + 11) বা 33 ঘ. সে.

∴ 22 ঘ. সে. ওজোন 33 ঘ. সে. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

বা, 1 ঘ. সে. ওজোন $\frac{3}{2}$ ঘ. সে. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

বা, 1 অণু ওজোন $\frac{3}{2}$ অণু অক্সিজেন উৎপন্ন করে [অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পানুযায়ী]

বা, 3 পরমাণু অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

∴ ওজোনের আণবিক সংকেত O_3।

এখন, ওজোনের আণবিক ওজন = 2 × 24 (বাষ্পীয় ঘনত্ব) বা 48 ওজোনের আণবিক সংকেত যে O_3 তা নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করে।

[উত্তাপে আয়তন প্রসারণের পর দ্বিতীয় ফ্লাস্কে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল দ্রবণ যোগ করলে সমস্ত গ্যাস শোষিত হয়ে যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় গ্যাসটি অক্সিজেন এবং ওজোন সম্পূর্ণতঃ অক্সিজেন দিয়ে গঠিত।]

ওজোন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের তুলনা :

ধর্ম	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
(1) বর্ণ, গন্ধ, ভৌতাবস্থা	নীলাভ, আঁশটে গন্ধযুক্ত, গ্যাসীয় পদার্থ।	বর্ণহীন, নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত, সিরাপীয় তরল পদার্থ।
(2) দ্রাব্যতা	জলে স্বল্প পরিমাণে দ্রাব্য ; জৈব তরল CCl_4, তার্পিন তেল (O_3 এর শোষক), ইত্যাদিতে দ্রবণীয়।	জলে সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয় ; জৈব দ্রাবক ইথারে সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয়।
(3) লিটমাস কাগজের উপর ক্রিয়া	প্রশম	মৃদু আম্লিক
(4) স্থায়িত্ব	অস্থায়ী ; ধীরে ধীরে অক্সিজেনে বিযোজিত হয়—উত্তাপ, ধূলিকণা, Pt, Pd, ইত্যাদি এই বিযোজন ত্বরান্বিত করে : $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$	অস্থায়ী ; ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে অক্সিজেন নির্গত করে—উত্তাপ, ধূলিকণা, Pt, Pd ইত্যাদি এই বিযোজন ত্বরান্বিত করে : $2H_2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + O_2$
(5) জারণ ধর্ম	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। (পৃঃ 239)	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। (পৃঃ 234-235)
(6) বিজারণ ধর্ম	বিজারণ ধর্ম দেখা যায়। প্রকৃত বিজারণ নয়। (পৃঃ 240)	বিজারণ ধর্ম দেখা যায়। প্রকৃত বিজারণ নয়। (পৃঃ 235-236)
(7) বিরঞ্জক ধর্ম	ইণ্ডিগো (নীল) কে জারণের দ্বারা বর্ণহীন করে।	পশম, সিল্ক, ইত্যাদিকে জারণের দ্বারা বর্ণহীন করে।
(8) যুত-যৌগ গঠন	অসংপৃক্ত জৈব যৌগের সাথে যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন, ইথিলিন ওজোনাইড।	যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন, KF, H_2O_2

পার্থক্য নিরূপণ মূলক পরীক্ষা

বিক্রিয়া	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
(1) $FeSO_4$ যুক্ত KI দ্রাবণের সাথে বিক্রিয়া	আয়োডিন মুক্ত করে না।	আয়োডিন মুক্ত করে।
(2) H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ+ ইথার	বিক্রিয়া হয় না।	ইথার স্তর ঘন নীল হয়। (পৃ: 236)
(3) H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া	বিক্রিয়া হয় না।	পিংক বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়।
(4) পারদের সাথে বিক্রিয়া	ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা থাকে না; কাচের গায়ে লেগে যায়।	বিক্রিয়া হয় না।
(5) রূপার সাথে বিক্রিয়া	কালো হয়ে যায়।	বিক্রিয়া হয় না।
(6) বেনজিডিনের অ্যালকোহল দ্রবণ সিক্ত কাগজের উপর ক্রিয়া	বাদামী করে	পরিবর্তন হয় না।
(7) টেট্রামিথাইল ক্ষারকের অ্যালকোহল দ্রবণ সিক্ত কাগজের উপর ক্রিয়া	বেগুনী করে	পরিবর্তন হয় না।

দ্বিতীয় অধ্যায়

বায়ু

অদৃশ্য বর্মের মত যে গ্যাসীয় আবরণ পৃথিবীকে চতুর্দিকে ঘিরে রেখেছে এবং যা ক্রমশঃ পাতলা হতে হতে আন্তগ্র্হ শূন্যে মিশে গিয়েছে তাকে বলে বায়ুমণ্ডল। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে শীলে, প্রীস্টলী ও লাভয়েসিয়েঁ বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা দেখান বায়ু মুখ্যতঃ দুটি উপাদান দিয়ে গঠিত—একটি দহনে ও শ্বাসকার্যে সহায়তা করে (অক্সিজেন) এবং অপরটি দহনে ও শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না (নাইট্রোজেন)। এছাড়া বায়ুতে সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প থাকে। গত শতাব্দীর শেষভাগে র‍্যালে (Raleigh) ও র‍্যামজের (Ramsay) গবেষণায় বায়ুতে কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্টন, জেনন) অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে। বায়ু যৌগিক পদার্থ নয় ; বায়ুতে এই উপাদানগুলি পাশাপাশি ঘনিষ্ঠভাবে অবস্থান করে—অর্থাৎ, বায়ু একটি সামান্য মিশ্র পদার্থ (পৃষ্ঠা 9-এ বর্ণিত মিশ্র পদার্থের সবগুণই বায়ুতে আছে)। বায়ুর উপাদানগুলির মোটামুটি আয়তনিক অনুপাত হল—নাইট্রোজেন, 77·16% ; অক্সিজেন, 20·60% ; জলীয় বাষ্প, 1·40% ; বিরল নিষ্ক্রিয় গ্যাস, 0·80%; কার্বনডাই-অক্সাইড, 0·04%—স্থান ও কালভেদে এই অনুপাতের সামান্য পরিবর্তন ঘটতে পারে। এছাড়াও বায়ুতে খুব অল্প পরিমাণে ধূলিকণা, ওজোন, অ্যামোনিয়া, H_2O_2, SO_2, H_2S, HNO_3, HNO_2 ইত্যাদি বর্তমান থাকে।

বায়ুর উপাদান : (1) অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন—বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারের মুখ বায়ুতে খোলামাত্র বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় : $2NO+O_2=2NO_2$। এতে বায়ুতে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। আবদ্ধ বায়ুতে অনেকক্ষণ ধরে পারদ উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন পারদের সাথে যুক্ত হয়ে মারকিউরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে ও নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে (খুব উত্তপ্ত Mg এ নাইট্রোজেন শোষিত হয়—অবশিষ্ট থাকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস)। উৎপন্ন মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করে অক্সিজেন পাওয়া যায়। এইভাবে বায়ু থেকে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। প্রকৃতপক্ষে লাভয়েসিয়েঁ এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে আয়তন অনুপাতে মোটামুটিভাবে বায়ুতে 1/5 অংশ অক্সিজেন এবং 4/5 অংশ নাইট্রোজেন আছে।

$$\underset{\text{বায়ু}}{(N_2+O_2)}+2Hg\longrightarrow N_2+2HgO\ ;\ 2HgO\rightarrow 2Hg+O_2$$

বায়ুর N_2 বা O_2 এর যে কোন একটির অপসারণের দ্বারা অপরটি পাওয়া সম্ভব। বায়ুর অক্সিজেন প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের অস্তিত্বের জন্য একান্ত আবশ্যক। এছাড়া বায়ুতে সর্বপ্রকার দহনে অক্সিজেন অংশগ্রহণ করে। বায়ুতে নাইট্রোজেনের উপস্থিতি শ্বাসকার্য ও দহন সুষ্ঠু ও নিয়মিতভাবে হতে সহায়তা করে।

(2) কার্বন ডাই-অক্সাইড: স্বচ্ছ চুনের জল বায়ুতে রাখলে সাদা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সর পড়ে: $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$। এতে বায়ুতে CO_2 এর অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। বায়ুর CO_2 গ্রহণ করে সালোকসংশ্লেষের দ্বারা উদ্ভিদজগৎ খাদ্য উৎপাদন করে এবং অক্সিজেন পরিত্যাগ করে। এতে একদিকে যেমন উদ্ভিদের খাদ্য উৎপাদন হয়, অপরদিকে বায়ুর অক্সিজেনে সমতা থাকে।

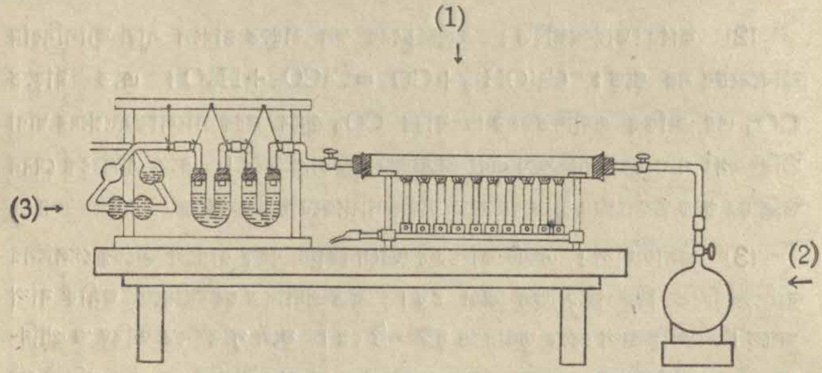
(3) জলীয় বাষ্প: একটি কাচের গেলাসে কিছুটা বরফ রাখলে কাচের গেলাসের বাইরের দিকে বিন্দু বিন্দু জল জমা হয়। এতে প্রমাণিত হয় বায়ুতে জলীয় বাষ্প আছে। জলীয় বাষ্প থেকে তুষার ও বৃষ্টি সৃষ্টি হয়। ফলে পৃথিবীতে উদ্ভিদ ও প্রাণি-জগতের অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির জন্য পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে জল উবে যেতে পারে না।

(4) বিরল গ্যাস: বায়ু থেকে 'জলীয় বাষ্প, CO_2, O_2 ও N_2 সরিয়ে নিলে বিরল গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। হিলিয়াম বেলুনে ও ডুবুরীদের শ্বাসকার্যে ব্যবহৃত গ্যাসে (নাইট্রোজেনের পরিবর্তে), আরগন বৈদ্যুতিক বাল্বে ব্যবহৃত হয়। লাল আলো এবং নীলাভ আলোর সাইনবোর্ডের জন্য যথাক্রমে নিয়ন এবং আরগন ব্যবহৃত হয়।

বায়ুর তৌলিক সংযুতি: ডুমার পদ্ধতি: কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত বায়ু কপারের ছিলাভর্তি বায়ুশূন্য উত্তপ্ত শক্ত কাচনলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে বায়ুর অক্সিজেন কপারের সাথে যুক্ত হয়ে কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে। কপারের ছিলাপূর্ণ কাচনলের ওজন বৃদ্ধি (নাইট্রোজেন বার করে নেওয়ার পর) থেকে অক্সিজেনের ওজন এবং পূর্বে ওজন করা বায়ুশূন্য কাচের গোলাকার পাত্রে (গ্লোবে) নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে এর ওজন বৃদ্ধি থেকে নাইট্রোজেনের ওজন বার করা হয়।

পরীক্ষা: দুদিকে স্টপকক যুক্ত শক্ত কাচের একটি লম্বা নলে কপারের উজ্জ্বল ছিবড়া ভরা হয়। একদিকে স্টপকক দিয়ে বদ্ধ বায়ুশূন্য ওজন করা (ওজন W_1 গ্রা) একটি বড় কাচের গ্লোব লাগানো হয় এবং অপরদিকে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও কঠিন KOH যুক্ত দুটি U-নল এবং কষ্টিক পটাশ দ্রবণ পূর্ণ বাল্ব যুক্ত করে দেওয়া হয়।

কপারের ছিলা ভর্তি নল বায়ুশূন্য করে ওজন নেওয়া হয় (ওজন W_2 গ্রা.) এবং একটি চুল্লীর উপর রেখে উজ্জ্বল লোহিত তপ্ত করা হয় (চিত্র B 2-1)। স্টপকক দুটি ঈষৎ খুললে শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ বায়ু (কষ্টিক পটাশ ও $CaCl_2$ এর উপর দিয়ে অতিক্রম করার ফলে) উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়ে ধীরে ধীরে চালিত হয়। অক্সিজেন



চিত্র B 2-1 ডুমার যন্ত্র : (1)—কাচের লম্বা নল ; (2)—কাচের গ্লোব ; (3)—কষ্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ বাল্ব।

শোষিত হয়ে কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন কাচের গ্লোবে সঞ্চিত হয়। যখন গ্লোব নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ হয়ে যায় (পটাশ বাল্বে বুদ্‌বুদন বন্ধ হয়ে যায়) স্টপকক গুলি বন্ধ করা হয় এবং সমগ্র যন্ত্রটি শীতল হতে দেওয়া হয়। কাচের গ্লোবটি ওজন করা হয় (ওজন W_3 গ্রা.) এবং এর ওজন বৃদ্ধি থেকে নাইট্রোজেনের ওজন পাওয়া যায়। কপার এবং কপার অক্সাইড পূর্ণ নলটি ওজন করা হয় (ওজন W_4 গ্রা.)। পাম্পের সাহায্যে নল থেকে নাইট্রোজেন বার করে দিয়ে আবার নলটির ওজন নেওয়া হয় (ওজন W_5 গ্রা.)। এই দুটি ওজনের বিয়োগফল থেকে প্রাপ্ত ($W_4 - W_5$ গ্রা.) নাইট্রোজেনের ওজন গ্লোব থেকে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ওজনের সাথে যুক্ত করে সম্পূর্ণ নাইট্রোজেনের ওজন পাওয়া যায় [$(W_3 - W_1) + (W_4 - W_5)$ গ্রা.]। শূন্যনলের ওজন বৃদ্ধি থেকে অক্সিজেনের ওজন ($W_5 - W_2$ গ্রা.) পাওয়া যায়। বায়ুর ওজন হল নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের যোগফল। বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন থেকে বায়ুতে ওজন অনুসারে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। ডুমা তার পরীক্ষা থেকে দেখান যে ওজন অনুসারে বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের পরিমাণ হল 23% এবং 77%। অবশ্যই এই নাইট্রোজেন বিরল গ্যাস মিশ্রিত।

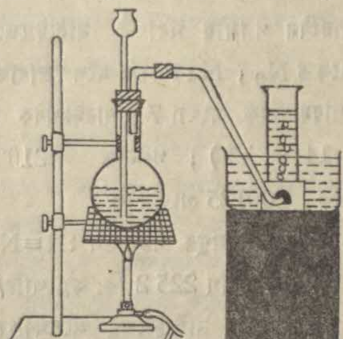
নাইট্রোজেন

আয়তন অনুপাতে বায়ুর প্রায় 4/5 অংশ হল নাইট্রোজেন ; যৌগ হিসাবে নাইট্রোজেন KNO_3 ও $NaNO_3$ (চিলি সল্টপিটার) হিসাবে পাওয়া যায়। সমস্ত সজীব পদার্থের অপরিহার্য অংশ প্রোটিনে নাইট্রোজেন উপস্থিত আছে।

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন বার হয়। কিন্তু এই বিয়োজন খুব দ্রুত সংঘটিত হয় এবং বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রিত দ্রবণকে উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয় :

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl \; ; \; NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত শক্ত কাচের গোলতল ফ্লাস্কে তুল্য পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণ নেওয়া হয়। লক্ষ্য রাখা হয় যেন দীর্ঘনল ফানেলের প্রান্ত দ্রবণের মধ্যে থাকে। ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর রেখে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় এবং নির্গত নাইট্রোজেন জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র B 2.2)।



চিত্র B 2. 2 নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

এই নাইট্রোজেনের সাথে ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। তীব্র ক্ষার NaOH (Cl_2 ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড দূর করে) ও গাঢ় H_2SO_4 (NH_3 ও জলীয় বাষ্প দূর করে) পূর্ণ গ্যাস ধারকের মধ্য দিয়ে চালনা করে এই সকল বিজাতীয় পদার্থ দূর করে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যেতে পারে।

অন্যান্য পদ্ধতি (1) অ্যামোনিয়া থেকে : (i) অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করে : $8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$

(ii) বিরঞ্জক চূর্ণের লেই এর সাথে NH_3 দ্রবণ উত্তপ্ত করে :

$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_3 = N_2 + 3CaCl_2 + 3H_2O$$

(iii) লোহিত তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর NH_3 চালনা করে

$$2NH_3+3CuO=3Cu+3H_2O+N_2$$

অন্যভাবে, NH_3 ও বায়ুর মিশ্রণ কপার ছিলাপূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়ে চালনা করে :

$$\underset{(\text{বায়ু})}{(N_2+O_2)}+2Cu=2CuO+N_2$$

$$2NH_3+3CuO=3Cu+3H_2O+N_2$$

(2) বেরিয়াম অ্যাজাইড বা সোডিয়াম অ্যাজাইডকে উত্তপ্ত করে অতি বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন পাওয়া যায় :

$$Ba(N_3)_2=Ba+3N_2\ ;\ 2NaN_3=2Na+3N_2$$

অন্য বিক্রিয়া $(NH_4)_2Cr_2O_7=N_2+4H_2O+Cr_2O_3$

এছাড়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও বায়ু থেকেও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়।

ধর্ম : (1) ভৌত ধর্ম : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ। নাইট্রোজেনের বৈশিষ্ট্যগুলি হল : চিহ্ন, N ; আণবিক সংকেত N_2 ; NTP তে জলে দ্রাব্যতা 23 মি.লি./লিটারে (অক্সিজেনের অর্ধেক) ; পারমাণবিক সংখ্যা 7 ; পারমাণবিক ওজন 14·0067 ; আইসোটোপ 2টি (ভরসংখ্যা 14 ও 15) ; গলনাঙ্ক $-210·1^\circ$; স্ফুটনাঙ্ক $-195·8^\circ$; ঘনত্ব (N.T.P. তে) 0·00125 গ্রা./মি.লি.।

(2) নাইট্রোজেন অণুর গঠন হল $:N\equiv N:$ এবং $N\equiv N$ বন্ধনী অত্যন্ত সুস্থিত (stable) (বিযোজন তাপ 225·2 কি. ক্যালোরি/মোল, যে কোন দ্বিপারমাণবিক অণুর থেকে বেশী)। সুতরাং নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় এবং অনেক নাইট্রোজেন যৌগ বিযোজিত হয়ে N_2 উৎপন্ন করে। নাইট্রোজেন নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সাহায্য করে না।

(3) সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় হলেও অধিক উষ্ণতায় নাইট্রোজেন অধাতব, ধাতব মৌল এবং কিছু যৌগের সাথে বিক্রিয়া করে :

(a) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের প্রভাবে নাইট্রোজেন হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। তাছাড়া উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতেতে উচ্চ চাপে (200 অ্যাটমস) ও উষ্ণতায় (550°সে.) নাইট্রোজেন হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে (হাবরের শিল্প পদ্ধতি দ্রষ্টব্য) : $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3$

(b) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের প্রভাবে 3000° সে. উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে : $N_2+O_2\rightleftharpoons 2NO$

(c) (i) অপেক্ষাকৃত সক্রিয় ধাতু যেমন, Li, Ca, Al, Mg ইত্যাদি উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেন শোষণ করে আয়নিক নাইট্রাইড উৎপন্ন করে (নাইট্রোজেন ও অপর মৌলের দ্বিযৌগকে নাইট্রাইড বলে)। Li সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে ও উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রুত, Mg, Ca লোহিত তপ্ত অবস্থায় এবং Al উজ্জ্বল লোহিত তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব নাইট্রাইড উৎপন্ন করে।

$$6Li + N_2 = 2Li_3N \qquad 3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

(লিথিয়াম নাইট্রাইড)

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2 \qquad 2Al + N_2 = 2AlN$$

ধাতব নাইট্রাইডগুলি জলের সাথে বিক্রিয়ায় বিশ্লেষিত হয়ে (আর্দ্র বিশ্লেষণ) ধাতব হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। যেমন, $Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$; $Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$

$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$$

(ii) কিছু অধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে সমযোজী নাইট্রাইড উৎপন্ন করে। বোরন উজ্জ্বল লোহিত তপ্ত অবস্থায় এবং Si শ্বেত তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়।

$$2B + N_2 = 2BN \; ; \; 3Si + 2N_2 = Si_3N_4$$

(iii) উত্তপ্ত (1000° সে.) অবস্থায় ক্যালসিয়াম কারবাইড নাইট্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বন উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বনের মিশ্রণ 'নাইট্রোলিম' বলে পরিচিত। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড স্টীম দ্বারা বিযোজিত হয়ে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$CaC_2 + N_2 = C + CaCN_2$$ (ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড)

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

অভীক্ষণ : (i) বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস, নিজে জ্বলে না, অপরের দহনে সাহায্য করে না, চুনের জল ঘোলা করে না ; (ii) উত্তপ্ত Mg দ্বারা শোষিত হয়। (iii) সাধারণ উষ্ণতায় নিষ্ক্রিয়।

ব্যবহার : (i) নাইট্রোজেন বিভিন্ন যৌগ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয় যেমন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রোলিম। বায়ুর নাইট্রোজেন কে নাইট্রোজেন যৌগে রূপান্তরের পদ্ধতি "নাইট্রোজেনের বন্ধন" বলে পরিচিত। নাইট্রোজেন যৌগের মুখ্য ব্যবহার হল সার হিসাবে। এছাড়া (ii) নাইট্রোজেনের নিষ্ক্রিয়তার জন্য কিছু রাসায়নিক পদ্ধতিতে নিষ্ক্রিয় আবহাওয়া সৃষ্টি করতে এবং কিছু সক্রিয় পদার্থের সংরক্ষণের জন্য ; (iii) তরল নাইট্রোজেন শীতক (refrigerant) হিসাবে ; (iv) গ্যাস থার্মমিটার প্রস্তুতিতে এবং বৈদ্যুতিক বাল্বে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

তৃতীয় অধ্যায়

কয়েকটি অধাতব মৌল

কার্বন

ভর-সংখ্যা 12, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 6, ভূত্বকে কার্বনের পরিমাণ মাত্র 0·032%, কিন্তু জানা যৌগ সমূহের শতকরা প্রায় 90 টিতেই কার্বন আছে। কার্বনের প্রচুর যৌগ থাকবার জন্য রসায়নের একটি স্বতন্ত্র শাখা গড়ে উঠেছে শুধু মাত্র ঐ সব যৌগ সম্পর্কীয় আলোচনার জন্য—এই শাখা জৈব-রসায়ন।

পর্যায় সারণীতে কার্বনের অবস্থান গ্রুপ IV B তে ; এর যোজ্যতা 4.

প্রকৃতিতে কার্বন মুক্ত ও যুক্ত উভয় অবস্থাতেই পাওয়া যায়। **যুক্ত অবস্থায়** কার্বন পাওয়া যায় বিভিন্ন ধরনের যৌগে, যেমন : (ক) প্রাকৃতিক গ্যাস এবং পেট্রোলিয়ামে হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত অবস্থায়, (খ) অক্সিজেনের সাথে যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় কার্বন ডাই অক্সাইড ও অসংখ্য প্রাকৃতিক কার্বনেট যৌগে, যেমন চুনাপাথর $CaCO_3$, ম্যাগনেসাইট $MgCO_3$, ডলোমাইট $CaCO_3$, ইত্যাদিতে, (গ) প্রাণী ও উদ্ভিদ-দেহের বিভিন্ন অংশে কার্বনের অজস্র জৈব যৌগ বর্তমান। **মুক্ত অবস্থায়** কার্বন প্রধানত দুটি রূপে পাওয়া যায় : হীরক এবং গ্রাফাইট—এরা কার্বনের কেলাসীয় রূপ। অধুনা দেখানো হয়েছে যে তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বন যেমন : কাঠকয়লা, ভূসা, গ্যাস কার্বন, প্রাণীজ অঙ্গার, কোক আসলে গ্রাফাইটেরই অণুবীক্ষণীয় কেলাসীয় রূপ (microcrystalline form)। এই সব রূপগুলিই কার্বনের বহুরূপ বা রূপভেদ (allotropes)।

বহুরূপতা (allotropy): **অনেক সময় একই মৌলের বিভিন্ন রূপ দেখা যায় যাদের ভৌত ধর্মে এবং কিছু কিছু রাসায়নিক ধর্মেও পার্থক্য লক্ষিত হতে পারে—এদেরকে মৌলটির বহুরূপ বা রূপভেদ বলা হয় এবং ঘটনাটিকে বহুরূপতা বলে** (Allo=another, tropos=form)।

বহুরূপতা ধর্মের বিভিন্ন কারণ থাকতে পারে : (1) বিভিন্ন রূপভেদের অণুতে বা কেলাসে পরমাণুগুলির বিন্যাসভঙ্গী ভিন্নতর হতে পারে। যেমন : কার্বনের রূপভেদ হীরক এবং গ্রাফাইট।

(2) বিভিন্ন রূপভেদের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা বিভিন্ন হতে পারে। যেমন : ওজোন এবং অক্সিজেন (O_3 এবং O_2).

(3) বিভিন্ন রূপের অন্তঃশক্তি (internal energy) বিভিন্ন হতে পারে। সাধারণ অবস্থায় শ্বেত ফসফরাস থেকে লোহিত ফসফরাসে পরিবর্তনের বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয়। এর অর্থ শ্বেত ফসফরাসের অন্তঃশক্তি লোহিত ফসফরাস অপেক্ষা অধিকতর।

হীরক : দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, আমেরিকা, ভারতবর্ষ (গোলকুণ্ডা) প্রভৃতি স্থানে (প্রাকৃতিক খনিজ হিসাবে) হীরক পাওয়া যায়। সাধারণতঃ হীরকের বর্ণ হরিদ্রাভ হয়ে থাকে। কিন্তু সামান্য অশুদ্ধি মিশ্রিত অবস্থায় এর বর্ণ নীল, লাল, সবুজ, গোলাপী বা কালোও হতে পারে। অস্বচ্ছ কালো বা ঘন বর্ণের হীরককে বলা হয় বোর্ট বা কার্বনেডো। ঔজ্জ্বল্য এবং বিভিন্ন বর্ণের জন্য স্বচ্ছ হীরক বহুমূল্য রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বোর্ট বা কার্বনেডো অবশ্য রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে না, এরা ব্যবহৃত হয় পাথরে গর্ত খননের কার্যে।

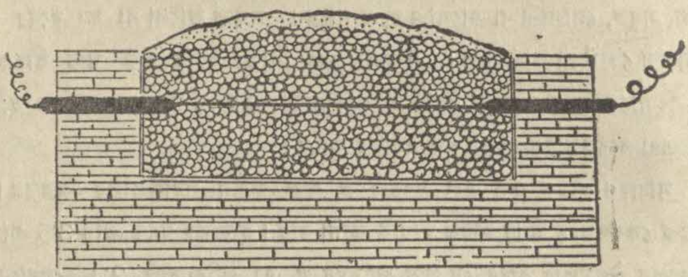
সাধারণ হীরক স্বচ্ছ এবং সবচাইতে শক্ত কঠিন পদার্থগুলির অন্যতম। কোন হীরক কেবলমাত্র অপর হীরক দ্বারাই কাটা যায়। হীরকের ঘনত্ব প্রায় 3·5 গ্রাম/ঘ.সে। হীরকের ঔজ্জ্বল্যের কারণ এর উচ্চ প্রতিসরাঙ্ক, এর প্রতিসরাঙ্ক 2·4, যেখানে কাচের প্রতিসরাঙ্ক মাত্র 1·5। হীরকের মধ্য দিয়ে যাবার সময় আলোক এর বিভিন্ন তল থেকে প্রতিফলিত হয়। X-রশ্মির সামনে সাচ্চা হীরক স্বচ্ছ দেখায়, কিন্তু নকল হীরক অস্বচ্ছ। সাধারণ হীরক তড়িতের অপরিবাহী। এর গলনাঙ্ক সুউচ্চ।

সাধারণ তাপমাত্রায় হীরক রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, এর সক্রিয়তা গ্রাফাইট বা অন্যান্য রূপগুলি থেকে অনেক কম। 600 থেকে 800°C তাপমাত্রায় বায়ুতে উত্তপ্ত করলে হীরক বিশুদ্ধ কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে। বায়ুর অবর্তমানে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে হীরক ধীরে ধীরে গ্রাফাইটে রূপান্তরিত হয় : C(হীরক) → C(গ্রাফাইট) +450 ক্যালরি। অর্থাৎ, গ্রাফাইটই অধিকতর স্থায়ী রূপ। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে হীরক কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সাথে হীরকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় কার্বন মনোক্সাইড। প্রায় 1000° সে. উষ্ণতায় বাষ্পীয় সালফারের সাথে হীরকের ধীরে ধীরে বিক্রিয়া হয়, ফলে গ্যাসীয় অবস্থায় কার্বন ডাইসালফাইড উৎপন্ন হয়, শীতল করলে ইহা তরলে পরিণত হয়।

গ্রাফাইট : সীসার সাথে সাদৃশ্য থাকবার জন্য **গ্রাফাইটকে** 'কালো সীসা'ও বলা হয়। গ্রাফাইট অস্বচ্ছ, নরম, কেলাসীয় কঠিন পদার্থ। এর বর্ণ ধূসরাভ-কালো, এটি ধাতব দীপ্তি সম্পন্ন, **তড়িতের পরিবাহী**। গ্রাফাইট খুব মসৃণ পদার্থ। এর ঘনত্ব প্রায় 2·22 গ্রাম /ঘ.সে., গলনাঙ্ক উচ্চ।

প্রাকৃতিক গ্রাফাইট আকরিক পাওয়া যায় সিংহল, সাইবেরিয়া, আমেরিকা প্রভৃতি স্থানে। **কৃত্রিম গ্রাফাইট** প্রস্তুত করা যায় অ্যাকেসন পদ্ধতিতে। এই পদ্ধতিতে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা বা কোক সামান্য বালি ও করাতের গুঁড়োর সাথে

মিশিয়ে মিশ্রণটি কার্বন-রডের তড়িৎদ্বারযুক্ত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 24 ঘন্টাব্যাপী উত্তপ্ত করা হয় (প্রায় 40,000 অ্যামপিয়ার তড়িৎ ব্যবহৃত হয় 200 ভোল্ট তড়িৎ বিভবে)



চিত্র : B. 3.1 গ্রাফাইট প্রস্তুতি

[চিত্র : B. 3.1]। বিক্রিয়ায় প্রথমে বালি বা সিলিকা ও কার্বন যুক্ত হয়ে সিলিকন কার্বাইড গঠন করে। উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সিলিকন কার্বাইড বিশ্লিষ্ট হয়ে সিলিকন ও গ্রাফাইট উৎপন্ন করে। সিলিকন বাষ্পীভূত হয়ে যায়, চুল্লীতে পড়ে থাকে গ্রাফাইট।

$$SiO_2+3C=SiC+2CO\uparrow \ ; \ SiC=Si+C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

গ্রাফাইট খুব উচ্চ তাপমাত্রায় বায়ুতে দগ্ধ হয়। গ্রাফাইটের তুলনায় হীরক সহজদাহ। লঘু অ্যাসিড বা গলিত ক্ষার দ্বারা গ্রাফাইট আক্রান্ত হয় না। গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সাথে গ্রাফাইটের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। সামান্য পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত গাঢ় নাইট্রিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা গ্রাফাইট সবুজাভ বর্ণের কঠিন **গ্রাফাইটিক অক্সাইডে** জারিত হয়। এটি গ্রাফাইটের একটি সনাক্তকরণ পরীক্ষা। বিশুদ্ধিকৃত এবং শুষ্ক অবস্থায় গ্রাফাইট অক্সাইডের বর্ণ বাদামী। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা গ্রাফাইট কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

ব্যবহার : গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয় : (1) ইলেকট্রোড প্রস্তুতিতে (যেহেতু এটি তড়িতের সুপরিবাহী), (2) উচ্চ তাপসহ মুচি প্রস্তুতিতে, (3) 'তথাকথিত' লেড পেন্সিলের সীসে, (এর কোমলতা এবং কালো বর্ণের জন্য)—লিখবার কাজে ব্যবহৃত হয় বলেই এর নাম গ্রাফাইট (গ্রীকশব্দ Grapho = I write), (4) পিচ্ছিল-কারক তেলে (lubricating oil) [যেহেতু গ্রাফাইট পিচ্ছিলবস্তু]।

কৃত্রিম হীরক : গ্রাফাইট থেকে হীরক প্রস্তুতি একটি বিরাট সমস্যা। বিভিন্ন সময়ে এই পরিবর্তন ঘটাবার চেষ্টা হয়েছে। প্রকৃতিতে এই পরিবর্তন সাধিত হয় ভূত্বকের নীচে দীর্ঘদিন ধরে প্রচণ্ড চাপ ও সুউচ্চ তাপমাত্রার প্রভাবে। ফরাসী রসায়ন-বিজ্ঞানী ময়সাঁ 1893 সালে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করেন বলে দাবী করেন। তাঁর পদ্ধতিতে গলিত লোহায় কার্বন দ্রবীভূত করে কার্বনের সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং ঐ উত্তপ্ত দ্রবণকে হঠাৎ ঠাণ্ডা করে (chilling) খুব ছোট ছোট হীরকের কেলাস পাওয়া যায়। কিন্তু অধুনা দেখানো হয়েছে যে ময়সাঁর দাবী যথার্থ হতে পারে না। 1955 সালে আমেরিকার জেনারেল ইলেকট্রিক কোম্পানি গ্রাফাইটকে ধাতব অনুঘটক যথা ক্রোমিয়াম, আয়রন, নিকেল ইত্যাদি মিশ্রিত অবস্থায় তড়িৎ চুল্লীতে প্রায় 70,000 বায়ুচাপে এবং প্রায় 2800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করেন।

অনিয়তাকার কার্বন (বা অণুবীক্ষণীয় গ্রাফাইট কেলাস) :

কয়লা : কয়লা উদ্ভিদ্জাত পদার্থ। এটি সহজলভ্য কঠিন জ্বালানি—এর প্রধান উপাদান কার্বন এবং হাইড্রোজেন, এছাড়া কয়লায় থাকে কার্বনের বিভিন্ন যৌগ এবং কিছু খনিজ পদার্থ। প্রকৃতিতে কয়লার উৎপত্তি বায়ুর অবর্তমানে এবং জলের উপস্থিতিতে ভূত্বকের নিম্নস্থ প্রচণ্ড চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাবে উদ্ভিজ্জ পদার্থের ধীরে ধীরে বিযোজনের ফলে। বিভিন্ন ধরণের কয়লা পাওয়া যায়। উদ্ভিদ থেকে কয়লায় রূপান্তরের বিভিন্ন অবস্থায় প্রাপ্ত কয়লায় কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। যেমন : পীটে (কয়লায় পরিবর্তনের 1 নং ধাপ) কার্বনের পরিমাণ 60%, লিগ্নাইট বা বাদামী কয়লায় (2 নং ধাপ) 70%, বিটুমিনাস বা নরম কয়লায় 78% এবং অ্যানথ্রাসাইট বা শক্ত কয়লায় শতকরা প্রায় 90 ভাগ কার্বন থাকে। যে কয়লায় কার্বনের পরিমাণ বেশী, জ্বালানি হিসাবে তার উৎকর্ষতাও বেশী। প্রত্যক্ষ জ্বালানি হিসাবে কয়লা ব্যবহৃত হয়। এছাড়া গ্যাসীয় জ্বালানি কোলগ্যাস প্রস্তুতিতে এবং কৃত্রিম পেট্রল প্রস্তুতিতেও কয়লা ব্যবহৃত হয়।

কোক : কোক প্রায় বিশুদ্ধ কার্বন। আবদ্ধপাত্রে বায়ুর অবর্তমানে বিটুমিনাস কয়লা উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন ঘটে—এই পাতনপদ্ধায় উৎপন্ন পদার্থ সমূহ উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশে বিভক্ত হয়ে যায়। পাতনপাত্রে কঠিন অবশেষরূপে কোক পড়ে থাকে। কোক ব্যবহৃত হয় জ্বালানি হিসাবে এবং লৌহ ও অন্যান্য ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকদ্রব্য হিসাবে। যেমন, $ZnO + C = Zn + CO$; $PbO + C = Pb + CO$।

গ্যাস্ কার্বন : গ্যাস কার্বনও কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় কোলগ্যাস উৎপাদনকালে উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়। এটি পাতনপাত্রের দেওয়ালে ও ছাদে কঠিন স্তর হিসাবে সঞ্চিত হয়। গ্যাস কার্বন খুব শক্ত পদার্থ এবং তড়িতের উত্তমপরিবাহী। তড়িৎ-দ্বার নির্মাণে এটি বহুল ব্যবহৃত হয়।

ভূসাকালি বা কার্বন ব্ল্যাক : প্রাকৃতিক গ্যাস বা অন্যান্য কার্বন যৌগ সীমিত বায়ুতে দহন করলে কালো ভূসা উৎপন্ন হয়। এটি তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বনের বিশুদ্ধতম রূপ। এর মধ্যে শতকরা প্রায় 99 ভাগ কার্বন থাকে। ছাপার কালিতে, জুতোর কালিতে এবং কালো রং-এ ভূসা ব্যবহৃত হয়।

প্রাণিজ অঙ্গার : প্রাণীদেহের হাড়ের শুষ্কপাতন পদ্ধতিতে অবশেষরূপে প্রাপ্ত পদার্থ থেকে অস্থিভস্ম বা ক্যালসিয়াম ফসফেট HCl দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে দ্রবীভূত করবার পর প্রাণিজ অঙ্গার পাওয়া যায়। প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal)-এর মধ্যে শতকরা প্রায় 10 ভাগ পরিমাণ C থাকে। চিনি বিশুদ্ধিকরণ-কালে, রঞ্জকদ্রব্য দূরীকরণে প্রাণিজ অঙ্গার ব্যবহৃত হয়।

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার : কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে অবশেষরূপে প্রাপ্ত পদার্থই উদ্ভিজ্জ অঙ্গার। উদ্ভিজ্জ অঙ্গারের অবশোষণ ক্ষমতা (adsorbing power) অত্যধিক। সেজন্য বিভিন্ন বিষাক্ত গ্যাস অবশোষনের জন্য "গ্যাস-মুখোশে" এটি ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলির প্রত্যেকটিই বায়ুতে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দেবে—কোনটি নিম্নতর তাপমাত্রায় আবার কোনটি বা উচ্চতর তাপমাত্রায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে এরা আসলে একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন রূপ।

কার্বনের সাধারণ ধর্মাবলী : কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলির ভৌতধর্ম বিভিন্ন কিন্তু এদের রাসায়নিক ধর্মগুলি মোটামুটিভাবে এক। যেমন, (i) বায়ুতে উত্তপ্ত করলে প্রতিটি রূপভেদই CO_2তে জারিত হয়। গাঢ় H_2SO_4 বা HNO_3 দ্বারাও এই জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হতে পারে : $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$

$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O.$$

(ii) কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলি ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় ফ্লুওরিনের সাথে বিক্রিয়ায় কার্বন টেট্রাফ্লুওরাইড গঠন করে : $C+2F_2=CF_4$; অঙ্গার সাধারণ তাপমাত্রায় এবং গ্রাফাইট ও হীরক উচ্চতর তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ায় অংশ নেয়।

(iii) হাইড্রোজেনের সাথে প্রায় 1200°C উষ্ণতায় এবং উচ্চচাপে কার্বনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় মিথেন, কিন্তু কার্বন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটালে উৎপন্ন হয় অ্যাসেটিলিন গ্যাস।

(iv) অঙ্গাররূপী কার্বন উচ্চতাপমাত্রায় শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। উচ্চ উষ্ণতায় অনেক ধাতব অক্সাইড কার্বন দ্বারা ধাতুতে বিজারিত হয় :

$CuO+C=Cu+CO$; $PbO+C=Pb+CO$;

$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$, $SnO_2+2C=Sn+2CO$.

শ্বেত-তপ্ত অঙ্গার, কোক বা কয়লা জলীয় বাষ্পকে H_2 তে বিজারিত করে, নিজেরা CO তে বিজারিত হয়। CO এবং H_2 এর এই মিশ্রণকে বলে ওয়াটার গ্যাস। বিক্রিয়াটি তাপশোষী। তাপমাত্রা হ্রাস পেলে C জারিত হয় CO_2 তে :

$C+H_2O=CO+H_2$ (প্রায় 1000°C উষ্ণতায়)

$C+2H_2O=CO_2+2H_2$ (600°C উষ্ণতার নীচে)।

নাইট্রোজেন এবং ফসফরাস

মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের অবস্থান একই গ্রুপে, অর্থাৎ গ্রুপ V এর B সাবগ্রুপে। এই মৌল দুটির ধর্মে মিল এবং অমিল দুটিই লক্ষ্য করা যায়।

এদের বহিস্তম কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একই রূপ অর্থাৎ ns^2np^3, এরা উভয়েই অধাতব মৌল, এদের সাধারণ যোজ্যতা 3 এবং অক্সিজেনের প্রতি সর্বোচ্চ যোজ্যতা 5, উভয়েরই যৌগসমূহ মূলতঃ সমযোজী। উভয়েই RH_3 ধরনের সমযোজী গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগ গঠন করে (NH_3 এবং PH_3) [হাইড্রাইড যৌগ দ্রষ্টব্য]। উভয়েরই R_2O_3, R_2O_4 এবং R_2O_5 ধরণের অক্সাইড যৌগ আছে ($R=N$ বা P)। এই অক্সাইডগুলি উভয় মৌলের ক্ষেত্রেই আম্লিক ধর্মী, অবশ্য নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির অম্লধর্মিতা ফসফরাসের অক্সাইডগুলি অপেক্ষা বেশী। নাইট্রোজেন, ফসফরাস উভয়েই RX_3 ধরনের হ্যালাইড যৌগ গঠন করে, এই হ্যালাইড যৌগগুলি সমযোজী এবং এরা (NF_3 ছাড়া) জলের সাথে বিক্রিয়ায় আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। যেমন :

$NCl_3+3H_2O=NH_3+3HOCl$; $PCl_3+3H_2O=P(OH)_3+3HCl$.

NCl_3 এবং PCl_3 এর আর্দ্রবিশ্লেষণের ধরণটি অবশ্য ভিন্নতর।

তবে, নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের মধ্যে অমিলও যথেষ্ট। যেমন, সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস, কিন্তু ফসফরাস **কঠিন**। নাইট্রোজেন তুলনামূলকভাবে **নিষ্ক্রিয়**।

কিন্তু ফসফরাস যথেষ্ট **সক্রিয়** মৌল। বহুরূপতা ধর্ম ফসফরাসে প্রকট, ফসফরাসের **অনেকগুলি রূপভেদ** আছে, যেমন শ্বেত, লোহিত, বেগুনী এবং কালো ফসফরাস। সাধারণ নাইট্রোজেন ছাড়া নাইট্রোজেনের আর একটি মাত্র রূপভেদ আছে, সেটি হচ্ছে সক্রিয় নাইট্রোজেন। নাইট্রোজেনের সর্বোচ্চ **সমযোজ্যতা** 4 এর বেশী হতে পারে না, কিন্তু ফসফরাসের সমযোজ্যতা 5 বা তার বেশীও হতে পারে, সেইজন্য NCl_5 যৌগ হয় না কিন্তু PCl_5 যৌগ হয়। যেখানে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 5 হয়, সেখানে এই যোজ্যতা 4টি সমযোজ্যতা ও 1টি আয়নীয় যোজ্যতার সমষ্টি (আসলে 3টি সমযোজ্যতা এবং 1টি কো-অর্ডিনেট যোজ্যতার সমষ্টি, তবে 1টি কো-অর্ডিনেট যোজ্যতাকে 1টি সমযোজ্যতা এবং 1টি আয়নীয় যোজ্যতার সমষ্টি হিসাবে মনে করা যেতে পারে)।

তবে নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের মধ্যে যে অমিল লক্ষ্য করা যায়, তা একেবারে অপ্রত্যাশিত হয়। কারণ পর্যায়সারণীর প্রতিটি গ্রুপেই প্রথম সভ্যের সাথে অপর সভ্যদের কিছু অমিল লক্ষণীয় হয়ই। গ্রুপ V এর B উপশ্রেণীর প্রথম সভ্য নাইট্রোজেন। কাজেই নাইট্রোজেনের কিছু স্বকীয় ধর্ম থাকাই স্বাভাবিক। সুতরাং নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের পর্যায় সারণীতে একই গ্রুপে অবস্থান অযৌক্তিক নয়।

ফসফরাস

চিহ্ন : P, পাঃ ভর 31, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 15, ইলেকট্রনীয় বিন্যাস : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$.

জার্মান বিজ্ঞানী **ব্র্যাণ্ড** 1674 সালে বাষ্পীয় পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত মূত্রকে পাতিত করে সর্বপ্রথম ফসফরাস প্রস্তুত করেন। 1770 সালে **গ্যান** অস্থিতে ক্যালসিয়াম ফসফেটের উপস্থিতি আবিষ্কার করেন এবং **শীলে** অস্থিভস্ম থেকে ফসফরাস প্রস্তুতির পদ্ধতিটি উদ্ভাবন করেন 1777 সালে। ফসফরাস কথাটি এসেছে গ্রীক শব্দ থেকে, এর অর্থ— "আলোকবাহী" (Phos→light, Phero→I carry)

ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল বলে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, বিভিন্ন ফসফেট যৌগ হিসাবে একে পাওয়া যায়। ফসফরাসের কয়েকটি প্রধান খনিজ হচ্ছে : (1) ফ্লুওর অ্যাপেটাইট $Ca_3(PO_4)_2.\ CaF_2$ (2) ক্লোর অ্যাপেটাইট $Ca_3(PO_4)_2$ $CaCl_2$ (3) ফসফোরাইট $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি।

উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের পুষ্টির জন্য ফসফরাস একটি অপরিহার্য উপাদান। উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের টিস্যুতে, স্নায়ুতে, মস্তিষ্কের মজ্জাতে ফসফরাসের যৌগ থাকে। অস্থিতে ও দাঁতেও প্রচুর ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

প্রস্তুতি : প্রাচীন পদ্ধতিতে অস্থিভস্মকে গাঢ় (60%) H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট ও অর্থোফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণ উৎপন্ন করা হয় : $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$. ফিল্টার করে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণ পৃথক করে বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত করে এর সাথে কোকচূর্ণ মিশিয়ে অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত বকযন্ত্রে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে পাতিত করিলে—ফসফরাস বাষ্প উৎপন্ন হয়, বকযন্ত্রের খোলা মুখটি জলে নিমজ্জিত অবস্থায় রাখলে জলের নীচে কঠিন ফসফরাস সঞ্চিত হয় :

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4;\ H_3PO_4=H_2O+HPO_3$$

$$4HPO_3+12C=2H_2+12CO+P_4.$$

[**অস্থিভস্ম :** প্রাণীদেহের অস্থিতে ফসফরাস থাকে ক্যালসিয়াম ফসফেট যৌগ হিসাবে। এছাড়াও অস্থিতে থাকে সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট, নাইট্রোজেন ঘটিত কিছু জৈব পদার্থ এবং চর্বি। প্রথমে কার্বন ডাই-সালফাইডে চর্বি দ্রবীভূত করে সরানো হয়. এরপর চর্বিহীন অস্থি বায়ুর অবর্তমানে আবদ্ধ পাত্রে তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। ফলে জৈব পদার্থ ভেঙ্গে গিয়ে পড়ে থাকে ক্যালসিয়াম ফসফেট যুক্ত কালো প্রাণীজ অঙ্গার বা **কালো** অস্থি (bone black)। এই পদার্থটি চিনি প্রস্তুতি কালে চিনির দ্রবণ বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়, এর বিরঞ্জন ক্ষমতা যখন লুপ্ত হয় তখন একে বায়ুতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, ফলে কার্বন ঘটিত পদার্থ কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়ে দূরীভূত হয়। অবশিষ্ট থাকে **অস্থিভস্ম**, এতে থাকে সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ফ্লুওরাইড মিশ্রিত ক্যালসিয়াম ফসফেট (শতকরা প্রায় 80 ভাগ)]।

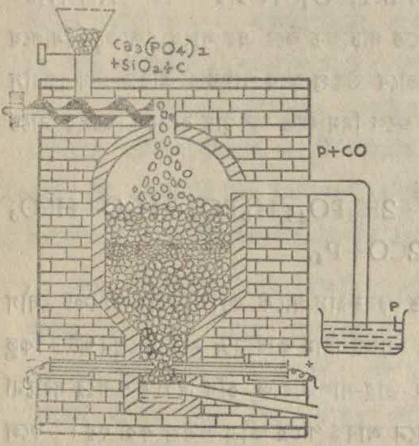
আধুনিক পদ্ধতি : অধুনা চূর্ণীকৃত রকফসফেট বা অস্থিভস্মের সাথে বালি এবং কোক মিশিয়ে আবদ্ধ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়া ঘটে দুটি ধাপে :

প্রথমে প্রায় 1100 থেকে 1200°C তাপমাত্রায় রকফসফেট বা অস্থিভস্মের মধ্যস্থ ট্রাই-ক্যালসিয়াম ফসফেটের সাথে বালির বিক্রিয়ায় গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট স্ল্যাগ এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড বাষ্প উৎপন্ন হয় :

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=3CaSiO_3+P_2O_5$$

দ্বিতীয় ধাপে প্রায় 1500°C তাপমাত্রায় ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে বাষ্পীয় মৌল ফসফরাসে পরিণত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় : $P_2O_5+5C=2P+5CO.$

বৈদ্যুতিক চুল্লীটি ইস্পাত নির্মিত-চোঙাকৃতি, এর ভিতরের দিকে অগ্নিসহ ইটের লাইনিং দেওয়া থাকে। চুল্লীর উপরের দিকে গ্যাস-নির্গমনল এবং নীচের দিকে গলিত স্ল্যাগ বা মল-নির্গমনল থাকে। নীচের দিকে অনুভূমিকরূপে ছুটি কার্বন তড়িৎদ্বার চুল্লীর মধ্যে প্রবিষ্ট থাকে। বিক্রিয়ক মিশ্রণ চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করাবার জন্য চুল্লীর মাথার উপর একটি বিশেষ ধরনের প্রবেশ-দ্বার থাকে। প্রবেশ-দ্বারে মিশ্রণ ঢালবার পর প্রবেশদ্বারের নীচে লাগানো স্ক্রু-এর ন্যায় একটি চালকদণ্ড ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে মিশ্রণটি ফার্নেসে ফেলা হয়। তড়িৎপ্রবাহ চালিত করলে ইলেকট্রোড ছুটির মধ্যে আর্ক উৎপন্ন হয়। উচ্চ তাপমাত্রার সৃষ্টি হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গলিত স্ল্যাগ নীচের নির্গম নল-পথে মাঝে মাঝে বার করে নেওয়া হয়। ফসফরাস ও কার্বন মনোক্সাইড উপরের গ্যাস নির্গমনল দিয়ে বার করে এনে ফসফরাসকে একটি পাত্রে জলের নীচে ঘনীভূত করে কঠিনে রূপান্তরিত করা হয়। CO বেরিয়ে যায়। (চিত্র B. 3.2)।



চিত্র : B. 3. 2 ফসফরাস প্রস্তুতি

এই ফসফরাস অশুদ্ধি-মিশ্রিত। একে ক্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণের নীচে গলিত করলে অনেক অশুদ্ধি জারিত এবং দ্রবীভূত হয়। অন্যান্য অশুদ্ধি ফেনার আকারে ভেসে ওঠে। চাপের সাহায্যে তরল ফসফরাস শ্যাময় চামড়ার (হরিণ জাতীয় জীবের চামড়া) মধ্য দিয়ে ফিল্টার করে আলাদা করা হয় এবং ঢালাই করে বিভিন্ন আকারের কঠিন ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়।

ধর্ম : ফসফরাসের মধ্যে বহুরূপতা ধর্ম দেখা যায়। ফসফরাসের বিভিন্ন রূপ আছে যেমন শ্বেত, লোহিত, কালো ও বেগুনী ফসফরাস। এর মধ্যে প্রধান ছুটি হল শ্বেত এবং লোহিত ফসফরাস।

শ্বেত ফসফরাস সাদা, অস্বচ্ছ, নরম মোমের ন্যায় কঠিন পদার্থ। আলোকের সংস্পর্শে শ্বেত ফসফরাস হলুদ বর্ণে রূপান্তরিত হয়, সেইজন্য একে হলুদ ফসফরাসও বলে। এর ঘনত্ব 1·83, গলনাঙ্ক 44°C, স্ফুটনাঙ্ক 287°C.

শ্বেত ফসফরাস জলে অদ্রাব্য কিন্তু বেঞ্জিন, কার্বন ডাইসালফাইড, অলিভ অয়েল ইত্যাদি দ্রাবকে দ্রাব্য।

সাধারণ শিল্পোৎপাদিত ফসফরাস শ্বেত ফসফরাস। শ্বেত ফসফরাস বিষাক্ত পদার্থ। নিঃশ্বাসের সাথে ফসফরাস বাষ্প গ্রহণ করলে নাক ও চোয়ালের হাড়ে পচন ধরে। 700°C তাপমাত্রার নীচে ফসফরাসের আনবিক সংকেত P_4 কিন্তু অধিকতর উষ্ণতায় P_4 অণু বিয়োজিত হয়ে P_2 এবং P অণু গঠন করে।

রাসায়নিক ধর্ম : আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে শ্বেত ফসফরাস থেকে অন্ধকারে এক ধরনের সবুজ আলো নির্গত হয়—শ্বেত ফসফরাসের ধীরে ধীরে জারণের ফলে উৎপন্ন তাপশক্তিই সবুজ আলো হিসাবে নির্গত হয়। প্রায় 40°C উষ্ণতায় বায়ুর সংস্পর্শে শ্বেত ফসফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলে উঠে (ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হয়)। **সেইজন্য শ্বেত ফসফরাস জলের নীচে সঞ্চিত করে রাখা হয়।** বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক অক্সিজেনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করলে কিন্তু শ্বেত ফসফরাস জলে না। শ্বেত ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল। অক্সিজেন, সালফার, হ্যালোজেন এবং ধাতব মৌলের সাথে এটি সরাসরি সংযুক্ত হয়। ক্লোরিন অথবা আয়োডিনের সংস্পর্শে ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলে ওঠে, তরল ব্রোমিনের সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটায়। এসব ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় ফসফরাস হ্যালাইড যৌগ উৎপন্ন হয়।

$P_4+6X_2=4PX_3$ (X=Cl, Br, I) (ফসফরাসের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে);
$P_4+10X_2=4PX_5$ (হ্যালোজেন মৌল অতিরিক্ত পরিমাণে থাকলে)।

অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ ফসফরাস পেন্টক্সাইড ও ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়: $P_4+3O_2=2P_2O_3$, $P_4+5O_2=2P_2O_5$। এই অক্সাইডগুলি জলের সাথে বিক্রিয়ায় অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড),
$P_2O_5+H_2O=2HPO_3$ (মেটাফসফরিক অ্যাসিড)।

সালফারের সাথে উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়ায় বিভিন্ন সালফাইড উৎপন্ন হয়। প্রায় সব ধাতুই উত্তপ্ত অবস্থায় ফসফরাসের সাথে বিক্রিয়া করে এবং ফসফাইড যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন,

$6Mg+P_4=2Mg_3P_2$ (ম্যাগনেসিয়াম ফসফাইড)

অক্সিজেনের প্রতি এর আসক্তি প্রবল। তাই ইহা সহজেই জারিত হয় এবং অপরকে বিজারিত করে।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে শ্বেত ফসফরাস ফুটালে, নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হয় নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড এবং নাইট্রিক অক্সাইডে এবং ফসফরাস ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়—শীতল অবস্থায় বিক্রিয়াটি ঘটে ধীরে ধীরে।

$$10\,HNO_3 = 5H_2O + 5NO + 5NO_2 + 10\,O$$
$$P_4 + 10\,O = 2P_2O_5$$
$$2P_2O_5 + 6H_2O = 4H_3PO_4$$
$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

কপার ও সিলভারের লবণ থেকে শ্বেত ফসফরাস দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপিত হয়:

$$P_4 + 8CuSO_4 + 14H_2O = 8Cu + 8H_2SO_4 + 2H_3PO_3 + 2H_3PO_4$$

উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় শ্বেত ফসফরাস হাইপোফসফাইট লবণ ও ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন করে:

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

ফসফিন সোডিয়াম হাইপোফসফাইট

লোহিত ফসফরাস:

বায়ুর অবর্তমানে শ্বেত ফসফরাসকে প্রায় 250° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে লোহিত ফসফরাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াকালে সামান্য আয়োডিন ব্যবহৃত হলে, বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয়। শ্বেত ফসফরাস → লোহিত ফসফরাস + 17·6 কিলোক্যালরি।

বিক্রিয়া শেষে কঠিন পদার্থটি চূর্ণ করে কষ্টিকসোডা দ্রবণ সহযোগে ফুটালে অপরিবর্তিত শ্বেত ফসফরাস দ্রবীভূত হয়। ফিল্টার করে অবশিষ্ট পদার্থ বারবার জল দিয়ে ধৌত করে জলীয় বাষ্প প্রবাহে শুষ্ক করে লোহিত ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়।

ধর্ম:

ভৌত ধর্ম: শ্বেত ফসফরাস থেকে লোহিত ফসফরাসে পরিবর্তনের বিক্রিয়াটি তাপদায়ী—সুতরাং লোহিত ফসফরাস শ্বেত ফসফরাস অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী।

সাধারণ লোহিত ফসফরাস বেগুনী লাল বর্ণের পাউডার। শ্বেত ফসফরাস অপেক্ষা এটি ভারী। আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·34, এর ঠিক নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নেই। সাধারণ বায়ু চাপে উত্তপ্ত করলে সরাসরি বাষ্পায়িত হয়। তবে কেবলমাত্র প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগে প্রায় 600°C উষ্ণতায় একে গলানো যায়। যেসব দ্রাবকে শ্বেত ফসফরাস দ্রবণীয়, লোহিত ফসফরাস সেইসব দ্রাবকে দ্রবণীয় নয়। অবশ্য শ্বেত ফসফরাসের ন্যায় এটিও জলে অদ্রাব্য। শ্বেত ফসফরাসের ন্যায় ইহা স্বয়ংপ্রভ নয় এবং বিষাক্তও নয়।

রাসায়নিক ধর্ম : লোহিত ফসফরাসের রাসায়নিক ধর্ম শ্বেত ফসফরাসের ন্যায়, তবে এর সক্রিয়তা অনেক কম, **তীব্র ক্ষার দ্রবণের সাথে এর কোন বিক্রিয়া হয় না।** অন্যান্য ক্ষেত্রে লোহিত ফসফরাসের বিক্রিয়া শ্বেত ফসফরাসের ন্যায়, বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থও একই—তবে বিক্রিয়া ঘটে অনেক ধীর গতিতে।

লোহিত ফসফরাস থেকে শ্বেত ফসফরাসে রূপান্তর :

বায়ুর অবর্তমানে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (যেমন CO_2) উপস্থিতিতে লোহিত ফসফরাসকে উত্তপ্ত করলে উহা সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়, ঐ বাষ্পকে শীতল করলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়।

ফসফরাসের অন্যান্য রূপ : প্রচণ্ড চাপে (প্রায় দশ হাজার বায়ু চাপে) শ্বেত ফসফরাসকে 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে **কালো** ধাতব ফসফরাস পাওয়া যায়। গলিত সীসায় লোহিত ফসফরাস দ্রবীভূত করে ঐ দ্রবণকে ঠাণ্ডা করে কঠিনে পরিবর্তিত করলে এবং সীসা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে সরালে **বেগুনী** ফসফরাস পড়ে থাকে। বেগুনী এবং লোহিত ফসফরাস ধর্মে অভিন্ন, এদের মধ্যে পার্থক্য কেবলমাত্র কেলাসের আকারে।

ফসফরাসের ব্যবহার : (1) সাধারণ দেশলাই প্রস্তুতিতে লোহিত ফসফরাস এবং লুসিফার দেশলাই প্রস্তুতিতে শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

(2) ইঁদুর মারা বিষ হিসাবে শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (3) ফসফরব্রোঞ্জ প্রস্তুতিতে ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (4) অক্সিজেনের সংস্পর্শে ফসফরাস কঠিন ফসফরাস পেন্টক্সাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন করে উজ্জ্বল সাদা শিখাসহ জ্বলতে থাকে। আর্দ্র বায়ুতে পেণ্টঅক্সাইড ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়—ফলে ঘন অস্বচ্ছ কুয়াশার ন্যায় ধোঁয়ার সৃষ্টি হয় সেইজন্য যুদ্ধ কালে ধূম্রজাল সৃষ্টির জন্য ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (5) পরীক্ষাগারে HBr, HI, ইথাইল ব্রোমাইড, ইথাইল আয়োডাইড—ইত্যাদি প্রস্তুতিতে লোহিত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। আগুনে বোমা ও বুলেটেও এটি ব্যবহৃত হয়।

(শ্বেত ফসফসরাস এবং লোহিত ফসফরাসের তুলনামূলক আলোচনার জন্য এদের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম দ্রষ্টব্য, ঐ ধর্মগুলি তালিকাকারে সাজিয়ে নিতে হবে)।

সালফার

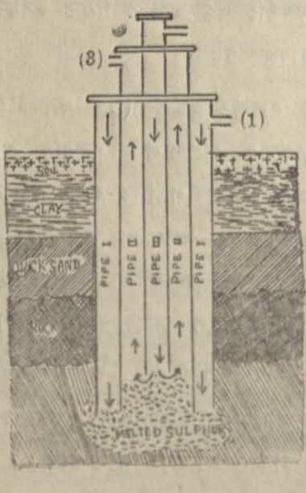
প্রতীক চিহ্ন : S. পাঃ ওজন 32, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 16, ইলেকট্রনীয় বিন্যাস 2. 8. 6. সুপ্রাচীন কাল থেকেই সালফারের ব্যবহার প্রচলিত। বাইবেল এবং প্রাচীন হিন্দু

ধর্মগ্রন্থে সালফারের ব্যবহারের উল্লেখ পাওয়া যায়। পূর্বে এটিকে যৌগ বলে মনে করা হত। 1777 সালে ল্যাভয়সিয়ে প্রথম দেখান যে এটি একটি মৌল, যৌগ নয়।

মুক্ত অবস্থায় সালফার পাওয়া যায় আমেরিকা, জাপান, সিসিলি, চিলি, রাশিয়া ইত্যাদি স্থানে। যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়: (ক) বিভিন্ন সালফাইড আকরিক হিসাবে, যেমন কপার পিরাইটিস, $CuFeS_2$, আয়রন পিরাইটিস, FeS_2, জিঙ্ক ব্লেণ্ড ইত্যাদি, (খ) বিভিন্ন সালফেট আকরিক যেমন জিপসাম ($CaSO_4 . 2H_2O$), অ্যানহাইড্রাইট ($CaSO_4$) ইত্যাদিতে। এছাড়া আগ্নেয়গিরি-জাত গ্যাসে H_2S বা SO_2 হিসাবেও S পাওয়া যায়। বিভিন্ন জৈব পদার্থের উপাদানে S থাকে: সর্ষে, পেঁয়াজ, রসুন, ডিম এবং চুলেও সালফার থাকে।

পর্যায় সারণীতে S এর অবস্থান গ্রুপ VI এর b সাবগ্রুপে। S পরমাণুর বহির্তম কক্ষে 6টি ইলেকট্রন। এর মধ্যে s উপকক্ষে 2টি এবং p উপকক্ষে 4টি। S এর সাধারণ যোজ্যতা 2, 4, 6.

প্রস্তুতি: আমেরিকায় **ফ্র্যাস পদ্ধতিতে** সালফার নিষ্কাশন করা হয়। এখানে ভূপৃষ্ঠের অনেক নীচে (প্রায় 500 থেকে 800 ফুট) মাটি, বালি, পাথর এর বিভিন্ন স্তরের নীচে সালফারের মজুত ভাণ্ডার থাকে। মাটির উপর থেকে কয়েকটি এককেন্দ্রীয় নল (concentric pipes) সালফারের স্তর পর্যন্ত প্রবিষ্ট করানো হয়। একেবারে বাইরের নলটি (Pipe I) দিয়ে 160—180°C এ অতি তপ্ত জল (Super heated water, স্বাভাবিক চাপে জল 100°C উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয়; কিন্তু চাপ বাড়িয়ে 10—12 বায়ু চাপ ব্যবহৃত হলে জলের স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেড়ে যায়, ফলে 160—185°C তাপমাত্রাতেও জল তরলই থাকে) পাম্প করে ভিতরে ঢোকানো হয়। ঐ অতি তপ্ত জলের সংস্পর্শে নীচের জমা সালফার গলে যায়। এর পর মধ্যকার নলটি (Pipe III) দিয়ে প্রচণ্ড চাপে বায়ু চালানো হয় নীচের দিকে, এর ফলে বায়ু মিশ্রিত গলিত সালফার দুটি নলের মধ্যবর্তী নলটি (Pipe II) দিয়ে ভূত্বকের উপরে উঠে আসে। ঐ গলিত সালফার কাঠের পাত্রে



চিত্র: B. 3. 3.
ফ্র্যাস পদ্ধতিতে সালফার প্রস্তুতি
(1)—অতি তপ্ত জল, (2)—প্রচণ্ড চাপে বায়ু-প্রবাহ (3)—গলিত সালফার+বায়ু

সংগ্রহ করে ঠাণ্ডা করলে কঠিনে পরিণত হয়। এই সালফারের বিশুদ্ধতা প্রায় 99·5%। এর মধ্যে অবশ্য সামান্য পেট্রোলিয়াম মিশ্রিত থাকে।

বিভিন্ন উপজাত পদার্থ থেকে সালফার প্রস্তুতি : (1) ধাতব সালফাইড আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন-কালে উপজাত পদার্থ হিসাবে SO_2 গ্যাস পাওয়া যায়। ঐ SO_2 গ্যাস সোডিয়াম সালফাইট এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্র দ্রবণে শোষিত করে ঐ দ্রবণটি উত্তপ্ত করলে $AlCl_3$ এর আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে, ফলে দ্রবণ অম্লীকৃত হয়। উত্তপ্ত দ্রবণ থেকে SO_2 বেরিয়ে আসে। ঐ SO_2 প্রায় 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কোকের উপর চালিত করে সালফার উৎপন্ন করা হয় :

$$SO_2+C=S+CO_2.$$

(2) **কয়লার** মধ্যে পাইরাইটিস (FeS_2) যৌগ হিসাবে সালফার থাকে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় কোলগ্যাস প্রস্তুতিকালে ঐ সালফার H_2S এবং CS_2-এ পরিবর্তিত হয়ে কোলগ্যাসের সাথে বেরিয়ে আসে। বিশুদ্ধিকরণ-প্রকোষ্ঠে রক্ষিত সোদক (hydrated) ফেরিক অক্সাইড দ্বারা H_2S শোষিত হয়, CS_2 মিশ্রিত কোলগ্যাস 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেলের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে CS_2 হাইড্রোজেন দ্বারা H_2S-এ বিজারিত হয়, উৎপন্ন H_2S সোদক ফেরিক অক্সাইড দ্বারা শোষিত হয় আগের মতই : $Fe_2O_3.3H_2O+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$; $CS_2+2H_2=C+2H_2S$. যখন সোদক ফেরিক অক্সাইডের শোষণ ক্ষমতা লুপ্ত হয় তখন একে বায়ুতে রেখে দেওয়া হয়। কয়েকবার এভাবে বায়ুতে উন্মোচিত করলে যথেষ্ট পরিমাণে মুক্ত সালফার পাওয়া যায় : $2Fe_2S_3+3O_2+6H_2O=2(Fe_2O_3.3H_2O)+6S$; ঐ সালফার বায়ুতে পুড়িয়ে SO_2-এ পরিবর্তিত করে H_2SO_4 প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

(3) লেবল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের বৃহদায়তন প্রস্তুতিকালে প্রাপ্ত **ক্ষারীয় অবশেষে** (alkali waste) থাকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইড। ঐ অবশেষ জলে প্রলম্বিত করে তার মধ্যে চুনাভাঁটি থেকে উৎপন্ন গ্যাস (যার মধ্যে CO_2 থাকে) পাঠানো হয়, ফলে H_2S উৎপন্ন হয় ; $CaS+H_2O+CO_2=CaCO_3+H_2S$; ঐ H_2S অপর একটি পাত্রে জলে প্রলম্বিত ক্ষারীয় অবশেষের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে H_2S শোষিত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রোসালফাইড উৎপন্ন করে : $CaS+H_2S=Ca(HS)_2$. ঐ দ্রবণে আবার চুনাভাঁটি থেকে উৎপন্ন

CO_2 গ্যাস চালিত করে H_2S প্রস্তুত করা হয়: $Ca(HS)_2+CO_2+H_2O=CaCO_3+2H_2S$, উৎপন্ন H_2S কে পরিমিত বায়ুতে জারিত করে সালফার প্রস্তুত করা হয়।

সালফারের ধর্ম :

ভৌতধর্ম : সাধারণ সালফার হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন অধাতব মৌল। তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী, জলে অদ্রাব্য কিন্তু কয়েকটি জৈব দ্রাবক, যেমন কার্বনডাই-সালফাইড, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে দ্রাব্য।

সালফারের মধ্যে বহুরূপতা (allotropy) ধর্ম বিদ্যমান। এর বহুরূপগুলি কেলাসীয় এবং অনিয়তাকার দুই রূপেই বর্তমান। নীচের তালিকায় সালফারের বিভিন্ন রূপগুলি দেখানো হল :

সালফার
- কেলাসীয়
  - **রম্বিক** সংকেত S_8 গলনাঙ্ক 113°C
  - **মনোক্লিনিক** সংকেত S_8 গলনাঙ্ক 119°C
- অনিয়তাকার
  - প্লাষ্টিক সালফার
  - শ্বেত সালফার
  - মিল্কঅব সালফার
  - কলয়ডীয় সালফার

এগুলির মধ্যে প্লাষ্টিক সালফার এবং মিল্ক অব সালফারের কয়েকটি রূপ ব্যতীত আর সবগুলির মধ্যে সাধারণ অবস্থায় রম্বিক সালফার সবচাইতে স্থায়ীরূপ এবং সাধারণ তাপমাত্রায় অন্যরূপগুলি ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে রূপান্তরিত হয়। **সাধারণ সালফারের ধর্ম বলতে এই রম্বিক সালফারের ধর্মই বুঝতে হবে।**

সালফারকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে 113°C-এ এটি হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয়। তরলটি গতিশীল (mobile), 160°C নাগাদ তরলটির বর্ণ হয়ে যায় বাদামী, এর পর তাপমাত্রা বাড়াতে থাকলে তরল আঠালো হয়ে যেতে থাকে, কিন্তু প্রায় 200°C থেকে আঠালো ভাবটা আবার কমে যেতে থাকে এবং 444·6°C-এ সালফার বাষ্পে পরিণত হয়। বাষ্পীয় সালফারকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলে উপরে বর্ণিত প্রতিটি ধাপ ঠিক উল্টোভাবে অনুসৃত হবে।

রাসায়নিক ধর্ম : সালফার মধ্যম-সক্রিয় মৌল। অনেক অধাতব এবং ধাতব মৌলের সাথে S সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

(1) বায়ুতে উত্তপ্ত করলে সালফার অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে মূলতঃ সালফার ডাই অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। সামান্য SO_3 ও অবশ্য উৎপন্ন হয়:

$$S+O_2=SO_2$$

(2) ফুটন্ত সালফারে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করলে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি অবশ্য উভমুখী: $H_2+S\rightleftharpoons H_2S$.

(3) হ্যালোজেন, কার্বন, ফসফরাস ইত্যাদি অধাতব মৌলের সাথে উত্তপ্ত অবস্থায় সালফার সরাসরি মিলিত হয়। যেমন: লাল-তপ্ত C এর সাথে S বাষ্পের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় কার্বন-ডাইসালফাইড। ঠাণ্ডা করলে এটি তরলে পরিণত হয়: $C+2S=CS_2$. হ্যালোজেন মৌলদের সাথে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন হ্যালাইড যৌগ উৎপন্ন হয়: $S+3F_2=SF_6$ (সালফার হেক্সাফ্লুওরাইড), $2S+Cl_2=S_2Cl_2$ (সালফার মনোক্লোরাইড) ইত্যাদি।

(4) প্রায় সব ধাতুই S এর সাথে প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়া করে সালফাইড যৌগ গঠন করে। অনেক ধাতুর ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া ঘটে সহজেই। যেমন: মারকারি সাধারণ তাপমাত্রাতেই S এর সাথে বিক্রিয়া করে মারকিউরিক সালফাইড গঠন করে: $Hg+S=HgS$; অতিরিক্ত পরিমাণ সোডিয়ামের সাথে S মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়: $2Na+S=Na_2S$; Cu, Zn, Fe ইত্যাদি ধাতুও উত্তপ্ত অবস্থায় সালফারের সাথে যুক্ত হয়ে সালফাইড যৌগ গঠন করে।

(5) অজারক অ্যাসিড-দ্বারা S আক্রান্ত হয় না। তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে S দ্রবীভূত হয় এবং জারিত হয়ে যথাক্রমে সালফার ডাইঅক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে:

$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$; $S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$

ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে S দ্রবীভূত হয়ে হলুদ বা নীল বর্ণের দ্রবন উৎপন্ন করে।

(6) ক্ষার দ্রবনের সাথে S মিশিয়ে ফুটালে S দ্রবীভূত হয়ে সালফাইড ও থায়োসালফেট লবণ গঠন করে। S এর পরিমাণ অতিরিক্ত হলে পলিসালফাইড যৌগও উৎপন্ন হতে পারে: $4S+6NaOH=2Na_2S+Na_2S_2O_3+3H_2O$. $3Ca(OH)_2+4S=2CaS+CaS_2O_3+3H_2O$.

সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণের সাথে S মিশিয়ে ফোটালে সোডিয়াম থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়: $Na_2SO_3+S=Na_2S_2O_3$.

অনেক জৈব যৌগের সাথে S বিক্রিয়া করে। ওলিফিন যৌগের সাথে S এর বিক্রিয়া কারিগরি দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ, কারণ রবারের কঠিনীকরনে (vulcanisation) এই বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়।

ব্যবহার : (1) S বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় রবারের কঠিনীকরনে।

(2) সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে প্রয়োজনীয় SO_2 প্রস্তুতিতে এবং কাগজ শিল্পে প্রয়োজনীয় বাইসালফাইট যৌগ উৎপাদনে S ব্যবহৃত হয়।

(3) বিশুদ্ধ সালফার বিভিন্ন ঔষধে ব্যবহৃত হয়। সালফার-চূর্ণ কীটনাশক এবং জীবাণু-নাশকরূপে, গানপাউডারে এবং দিয়াশলাই শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

(4) কার্বন ডাইসালফাইড, বিভিন্ন ধাতব সালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট ইত্যাদি উৎপাদনেও S ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ : সালফার হলুদ বর্ণের কঠিন, জলে অদ্রাব্য কিন্তু CS_2-এ দ্রাব্য। একে বায়ুতে পোড়ালে বিশেষ ধরনের গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস নির্গত হয়। ঐ গ্যাস অম্লীকৃত ডাইক্রোমেট পেপারকে (কমলা) সবুজ করে দেয় বা বেগুনী বর্ণের অম্লীকৃত পটাশিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে দেয়।

ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন

ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন মৌল তিনটি হ্যালোজেন পরিবারের সদস্য। এই পরিবারের অপর দুটি সভ্য ফ্লুওরিন এবং অ্যাসটাটাইন। প্রথম সভ্য ফ্লুওরিনের সাথে পরিবারের অন্যান্য সদস্যের অনেক বিষয়েই অমিল লক্ষ্য করা যায়। শেষ সভ্য অ্যাসটাটাইন স্বল্পায়ু তেজস্ক্রিয় মৌল এবং প্রকৃতিতে খুবই কম পরিমাণে পাওয়া যায়। এই দুটি মৌল স্বতন্ত্রভাবে আলোচিত হওয়াই বাঞ্ছনীয়।

"হ্যালোজেন" কথাটি এসেছে গ্রীক শব্দ থেকে-এর অর্থ সামুদ্রিক লবণ-উৎপাদনকারী (halo—সামুদ্রিক লবন, genus—সৃষ্টি করা)। সমুদ্রের জল বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শুষ্ক করে যে লবণগুলো পাওয়া যায় তার মধ্যে ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিন কম-বেশী পরিমাণে পাওয়া যায় বলেই এদের এইরূপ নামকরণ।

এই তিনটি মৌলের কয়েকটি ভৌতধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল।

ধর্ম	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
(1) পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	17	35	53
(2) ইলেকট্রনীয় বিন্যাস	2.8.7	2.8.18.7	2.8.18.18.7
(3) পারমাণবিক ওজন	35.453	79.91	126.9
(4) সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় ভৌত অবস্থা এবং বর্ণ	গ্যাস, সবুজাভ-হলুদ	তরল, ঘন-লাল	কঠিন কাল্‌চে-বেগুনী
(5) মৌলের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা এবং আণবিক-সংকেত	2, Cl_2	2, Br_2	2, I_2
(6) গন্ধ	ঝাঁঝালো	তীব্র ঝাঁঝালো	ঝাঁঝালো
(7) আইসোটোপ ভর সংখ্যা	35, 37	79, 81	127
(8) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা	3	2.8	2·5
(9) জলে দ্রাব্যতা (25°C উষ্ণতায় গ্রাম প্রতি লিটারে)	6·5	33·6	0·33

পরমাণুর আকার এবং আনবিক ওজন বৃদ্ধির সাথে সাথে হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মে কিছু পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। সাধারণ অবস্থায় ক্লোরিন গ্যাস, ব্রোমিন তরল এবং আয়োডিন কঠিন পদার্থ। ক্লোরিন থেকে আয়োডিনে বর্ণ ক্রমশঃ গাঢ়তর হয়। আনবিক ওজন বৃদ্ধির সাথে সাথে এদের গলনাংক, স্ফুটনাংক এবং ঘনত্ব বেড়ে যায়। তিনটি মৌলই সক্রিয় তবে ক্লোরিন থেকে আয়োডিনে সক্রিয়তা কমে

আসে। সমস্ত মৌলের মধ্যে হ্যালোজেন মৌলগুলিই সবচাইতে বেশী তড়িৎ ঋণাত্মক। তবে পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে সাথে এই তড়িৎ ঋণাত্মকতা (electronegativity) ধর্ম কমে আসে ফলে আয়োডিনে কিছু ধাতব-ধর্ম বা তড়িৎ ধনাত্মক ধর্ম প্রকাশ পায়। তিনটি মৌলের মধ্যে ক্লোরিন আকারে সবচাইতে ছোট তাই এর ইলেকট্রন আসক্তি (অর্থাৎ ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা) সবচাইতে বেশী, ব্রোমিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন থেকে কম, কিন্তু আয়োডিন থেকে বেশী। অর্থাৎ, ক্লোরিনের জারণ ক্ষমতা বা বিজারিত হবার প্রবণতা ব্রোমিন বা আয়োডিন অপেক্ষা বেশী (মনে রাখতে হবে বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ), ব্রোমিনের জারণ-ক্ষমতা আয়োডিন অপেক্ষা বেশী। এর ফলে, ব্রোমাইড বা আয়োডাইড যৌগ থেকে ক্লোরিন—ব্রোমিন বা আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে (Br^- বা I^- জারিত হয়)। অণুরূপভাবে, ব্রোমিন আয়োডাইড যৌগ থেকে আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। আয়োডিন কিন্তু ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড আয়নকে জারিত করতে পারে না।

হ্যালোজেন-পরমাণুর সবচাইতে বাইরের ইলেকট্রনীয় কক্ষে 7টি ইলেকট্রন থাকে। অর্থাৎ, আর 1টি ইলেকট্রন হলেই হ্যালোজেন-পরমাণু নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর স্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করতে পারে। কাজেই, রাসায়নিক সংযোগকালে হ্যালোজেন-পরমাণু হয় 1টি ইলেকট্রন গ্রহন করে হ্যালাইড আয়নে পরিবর্তিত হয় (যেমন, ধাতুর সাথে সংযোগকালে) অথবা একই জাতীয় (অধাতব) মৌলের সাথে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহার করে অষ্টকপূর্ণ করে। হ্যালোজেন মৌলগুলির সাধারণ যোজ্যতা **1**। তবে, কিছু কিছু যৌগে ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন বিভিন্ন জারণ-অবস্থায় (-1 থেকে $+7$) থাকতে পারে। কয়েকটি ক্ষেত্রে ক্যাটায়নীয় আয়োডিনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে—অন্যদের ক্ষেত্রে অবশ্য ক্যাটায়নীয় নমুনার প্রমাণ মেলে না, তবে অধিকতর তড়িৎ ধণাত্মক মৌলের সাথে যৌগে এদের জারণ-সংখ্যা পজিটিভ হতে পারে, সেই হিসাবে একাধিক পজিটিভ জারণ-অবস্থায় এরা থাকতে পারে বিশেষতঃ অক্সাইড যৌগে।

হ্যালোজেন-মৌলগুলি খুবই সক্রিয় বলে প্রকৃতিতে এদের মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন যৌগে। তিনটি মৌলকেই একই রকম পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়—হ্যালাইড লবণকে জারিত করে। মৌল তিনটির মধ্যে ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের মধ্যেই সবচাইতে বেশী মিল লক্ষণীয়। হ্যালোজেন মৌলগুলি খুবই সক্রিয় হওয়ায় কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রায় সব মৌলের সাথেই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

হাইড্রাইড-যৌগ : হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি তিনটি মৌলেরই প্রবল তবে ক্লোরিন থেকে আয়োডিনে এই আসক্তি তুলনামূলকভাবে কমে যায়। **সূর্যালোকের উপস্থিতিতে** ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন **বিস্ফোরণ সহকারে** বিক্রিয়া করে। ব্রোমিনের সাথে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটে **উত্তপ্ত** অবস্থায়, আর আয়োডিনের সাথে বিক্রিয়া ঘটবে কেবলমাত্র প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে। (এর পর পরবর্তী অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য)

অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিড : হ্যালোজেন মৌলগুলি প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয় না। কিন্তু পরোক্ষভাবে এদের প্রচুর অক্সাইড যৌগ প্রস্তুত করা হয়েছে। ক্লোরিনের অক্সাইডগুলি বিস্ফোরক, ব্রোমিনের অক্সাইডগুলি আরও কম স্থায়ী, কিন্তু আয়োডিনের অক্সাইডগুলি স্থায়ী। অক্সাইড যৌগগুলি সমযোজী, তবে অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ঐ হ্যালোজেন মৌলগুলি থেকে বেশী, কাজেই অক্সাইডগুলিতে হ্যালোজেন মৌলগুলি পজিটিভ জারণ অবস্থায় থাকে। ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডগুলি এবং ঐ গুলিতে হ্যালোজেন মৌলের জারণ অবস্থা নীচের তালিকায় দেখানো হল :

জারণ-অবস্থা	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
+7	Cl_2O_7 [$HClO_4$]		I_2O_7 [HIO_4]
+6	Cl_2O_6		
+5	[$HClO_3$]	[$HBrO_3$]	I_2O_5 [HIO_3]
+4	ClO_2	BrO_2	IO_2 বা I_2O_4
+3	[$HClO_2$]		
+1	Cl_2O [$HClO$]	Br_2O [$HBrO$]	[HIO]

অক্সি-অ্যাসিডগুলির ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সংখ্যা বেড়ে গেলে অ্যাসিডের শক্তি বেড়ে যায় এবং হ্যালোজেন মৌলের তড়িৎ-ধণাত্মকতা বাড়লেও অ্যাসিডের শক্তি বাড়ে। পারক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_4$ তীব্রতম অ্যাসিড। হ্যালোজেন মৌলের জারণ-সংখ্যা বাড়লে সাধারণতঃ অ্যাসিডের তাপীয়-স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। তিনটি মৌলের মধ্যে

পজিটিভ জারণ-অবস্থা গ্রহণের প্রবনতা আয়োডিনেরই সব চাইতে বেশী অর্থাৎ এর **জারিত হবার** প্রবনতা বেশী। এইজন্য যদিও আয়োডাইড যৌগ থেকে আয়োডিন প্রতিস্থাপিত হয় ক্লোরিন দ্বারা, $KClO_3$ থেকে কিন্তু ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত হয় I_2 দ্বারা।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2. \qquad 2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$

এর কারণ, দুটি ক্ষেত্রেই কিন্তু আয়োডিন জারিত হয়েছে। [প্রথম ক্ষেত্রে এর জারণ-সংখ্যা -1 থেকে 0 তে বৃদ্ধি পেয়েছে আর দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বৃদ্ধি পেয়েছে 0 থেকে $+5$ এ], এবং জারিত হবার প্রবনতা (অর্থাৎ ইলেকট্রন ত্যাগ করবার প্রবণতা) ক্লোরিন অপেক্ষা আয়োডিনের বেশী।

ধাতুর সাথে বিক্রিয়া : অনেক ধাতুর সাথেই হ্যালোজেন মৌল সরাসরি যুক্ত হয়ে হ্যালাইড যৌগ গঠন করে। উচ্চতর তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুর হ্যালাইড আয়নীয় হয়, অনেক ধাতব হ্যালাইড সমযোজীও হয়। একই ধাতু বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় হ্যালাইড গঠন করলে সাধারণতঃ উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থার হ্যালাইড অধিক পরিমাণে সমযোজী হয়। যেমন, $SnCl_4$, $SnCl_2$ অপেক্ষা বেশী সমযোজী।

ক্লোরিনের সাথে সব ধাতুই বিক্রিয়া করে অনেক ধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় ক্লোরিন-গ্যাসে জ্বলতে থাকে, ব্রোমিনের সাথেও সব ধাতুই বিক্রিয়া করে, তবে খুব কম ধাতুই জ্বলে, আয়োডিনের সাথে Pt ছাড়া সব ধাতুই বিক্রিয়া করে।

জল এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া : সূর্যালোকের উপস্থিতিতে জলের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন উৎপন্ন হয় : $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$. ব্রোমিনের সাথেও একই বিক্রিয়া ঘটে। তবে বিক্রিয়াটি খুবই ধীরে ধীরে হয়, আয়োডিনের সাথে এই ধরনের বিক্রিয়া হয় না। জলের সাথে তিনটি মৌলেরই অন্য এক ধরনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোহ্যালো এবং হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$X_2 + H_2O \rightleftharpoons HX + HOX \quad (X = Cl, Br, I)$$

সাধারণ উষ্ণতায় লঘু ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় হ্যালাইড ও হাইপোহ্যালাইট যৌগ উৎপন্ন হয় : $2NaOH + X_2 = NaOX + NaX + H_2O$.

কিন্তু গাঢ় ও উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় হ্যালেট ও হ্যালাইড লবণ : $6NaOH + X_2 = NaXO_3 + 5NaX + 3H_2O$.

যেমন, Cl_2 এর সাথে বিক্রিয়ায় :

$$6NaOH + Cl_2 = \underset{\text{সোডিয়াম ক্লোরেট}}{NaClO_3} + 5NaCl + 3H_2O.$$

আন্তঃ-হ্যালোজেন যৌগ গঠন : হ্যালোজেন মৌলগুলি নিজেদের মধ্যে পরস্পর যুক্ত হয়ে আন্তঃ-হ্যালোজেন যৌগ (Inter-halogen compounds) উৎপন্ন করে। এই যৌগগুলি সমযোজী এগুলিতে বৃহত্তর আকারের হ্যালোজেন-পরমাণুর 1টির সাথে বিজোড় সংখ্যক ক্ষুদ্রতর হ্যালোজেন-পরমাণু যুক্ত হয়। এই যৌগগুলি অস্থায়ী প্রকৃতির এবং তাপ বা জল দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়। কয়েকটি উদাহরণ :

ICl, IBr, ICl_3, IBr_3, ClF_3, ইত্যাদি।

ক্লোরিন

ক্লোরিন নামটি দেওয়া বিজ্ঞানী ডেভির—নামটি এসেছে গ্রীক শব্দ chloros থেকে, এর অর্থ সবুজাভ হলুদ—গ্যাসটির বর্ণের জন্যই তার এই নাম। প্রকৃতিতে ক্লোরিন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন যৌগে। ক্লোরিনের যে যৌগটি প্রকৃতিতে সবচাইতে বেশি পরিমাণে পাওয়া যায় সেটি হচ্ছে সোডিয়াম ক্লোরাইড। এটি সামুদ্রিক লবন এবং খনিজ লবন বা রকসল্ট হিসাবে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : রাসায়নিক পদ্ধতিতে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয় সাধারণতঃ অক্সিজেন বা অন্য কোন উপযুক্ত জারক-দ্রব্য দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে জারিত করে :

(i) $4HCl+O_2=2Cl_2+2H_2O$.

(ii) (a) $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$ (স্বল্প তাপমাত্রায়),

(b) $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$ (500°C তাপমাত্রার উপরে).

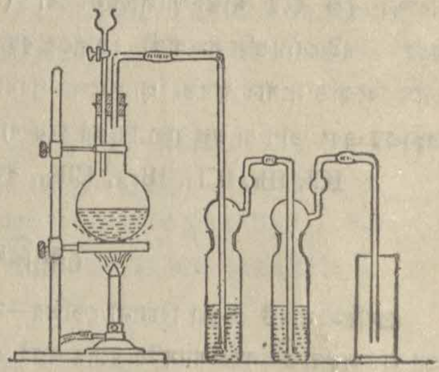
পরীক্ষাগারে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাথে ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড মিশিয়ে ঐ মিশ্রণ উত্তপ্ত করে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়া :

$2MnO_2+8HCl=2MnCl_3+Cl_2+4H_2O$ (নিম্নতর তাপ-মাত্রায়)।

$2MnCl_3=2MnCl_2+Cl_2$ (উচ্চতর তাপমাত্রায়)।

একটি গোলতল-ফ্লাস্কে কিছু পাইরোলুসাইট চূর্ণ নিয়ে ফ্লাস্কের মুখে দীর্ঘনল-ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত রবারের ছিপি দিয়ে ফ্লাস্কের মুখ বন্ধ করে দেওয়া হল। দীর্ঘনল ফানেল দিয়ে গাঢ় HCl ঢালা হল। (প্রায় 10 গ্রাম পাইরোলুসাইটের জন্য প্রায় 15 c.c. গাঢ় HCl যোগকরা প্রয়োজন) ফানেলের স্টপককটি বন্ধ করে দিয়ে ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করা হল। সামান্য HCl বাষ্প ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নল

দিয়ে বেরিয়ে আসে। ঐ গ্যাস সামান্য জলভরা পাত্রের মধ্য দিয়ে পাঠিয়ে HCl দ্রবীভূত করে দূর করা হয়। এর পর গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্য দিয়ে চালিত করে গ্যাস শুষ্ক করা হয় এবং **বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ** পদ্ধতিতে ক্লোরিন গ্যাস সংগৃহীত হয়।



ক্লোরিন প্রস্তুতি চিত্র—B. 3. 4.

এই পদ্ধতিতে : (ক) সরাসরি HCl ব্যবহার না করে সোডিয়াম ক্লোরাইড (বা KCl) এবং MnO_2 এর মিশ্রণ গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করেও Cl_2 প্রস্তুত করা যায়।

$$MnO_2+2NaCl+3H_2SO_4=MnSO_4+2NaHSO_4+Cl_2+2H_2O.$$

(খ) MnO_2 এর পরিবর্তে অন্যান্য জারকদ্রব্য যেমন পটাশ পারম্যাঙ্গানেট, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট, লেড ডাই অক্সাইড বা রেড লেড ইত্যাদিও ব্যবহৃত হতে পারে। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ব্যবহৃত হলে **সাধারণ তাপমাত্রাতেই বিক্রিয়া ঘটে, উত্তাপের প্রয়োজন হয় না।** বিক্রিয়া :

(i) $2KMnO_4+16HCl=2MnCl_2+2KCl+5Cl_2+8H_2O,$

(ii) $K_2Cr_2O_7+14HCl=2KCl+2CrCl_3+3Cl_2+7H_2O,$

(iii) $PbO_2+4HCl=PbCl_2+Cl_2+2H_2O.$

ব্লিচিং পাউডারে জল এবং গাঢ় HCl এর সমায়তন মিশ্রণ যোগ করেও **সাধারণ তাপমাত্রায়** ক্লোরিন গ্যাস (সামান্য CO_2 মিশ্রিত) পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl)Cl \text{ (ব্লিচিং পাউডার)}+2HCl=CaCl_2+Cl_2+H_2O.$$

[প্রশ্ন : সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন গ্যাস কি কি উপায়ে প্রস্তুত করা যায় ?]

শিল্প-পদ্ধতি : ক্লোরিনের বৃহদায়তন প্রস্তুতির বহু পদ্ধতি আছে, যথা : (1) ডিকন-পদ্ধতি, (2) ওয়েলডন-পদ্ধতি, (3) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি। এর মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিই প্রধান এবং অধুনা এই পদ্ধতিটিই বহুল প্রচলিত। অন্য দুটি এখন আর ব্যবহৃত হয় না।

(1) ডিকন-পদ্ধতিতে গ্যাসীয় HCl ও বায়ু মিশ্রণ 450°C উষ্ণতায় কিউপ্রিক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপর চালিত করে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। এক্ষেত্রে HCl বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। তবে বিক্রিয়াটি সম্ভবতঃ নিম্নলিখিত বিভিন্ন ধাপে সম্পন্ন হয় :

$$4CuCl_2 \text{ (কিউপ্রিক ক্লোরাইড)}=4CuCl \text{ (কিউপ্রাস ক্লোরাইড)}+2Cl_2$$
$$4CuCl+4HCl+O_2=4CuCl_2+2H_2O$$

$$4HCl+O_2=2Cl_2+2H_2O$$

(2) **ওয়েলডন পদ্ধতির** নীতি সাধারণ পরীক্ষাগার পদ্ধতির মতই, অর্থাৎ গাঢ় HCl দ্রবনকে পাইরোলুসাইট দ্বারা জারিত করে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়: $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$. তবে এক্ষেত্রে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে পুনরায় MnO_2 এতে পরিবর্তিত করে আরও HCl কে জারিত করা হয়। $MnCl_2$ দ্রবণে অতিরিক্ত চুন-জল যোগ করে $Mn(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়, এর পর মিশ্রণে বায়ুচালনা করলে ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইড প্রথমে MnO_2 এ ও পরে ক্যালসিয়াম পারম্যাঙ্গানাইটে (CaO, MnO_2) পরিবর্তিত হয়। অতিরিক্ত ম্যাঙ্গানীজ দ্রবণও বায়ুর সাথে বিক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত কালো কাদার ন্যায় ক্যালসিয়াম ডাইপারম্যাঙ্গানাইটে ($CaO, 2MnO_2$) পরিবর্তিত হয়—একে বলে ওয়েলডন-কাদা। এই ওয়েলডন কাদায় HCl যোগ করলে আবার ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। $MnCl_2+Ca(OH)_2=Mn(OH)_2+CaCl_2$. $2Mn(OH)_2+O_2=2MnO_2+2H_2O$. $Ca(OH)_2+MnO_2=CaO, MnO_2+H_2O$, $Ca(OH)_2+2MnO_2=CaO. 2MnO_2+H_2O$. $CaO, 2MnO_2+10HCl$
$=CaCl_2+2MnCl_2+5H_2O+2Cl_2$]

(3) **তড়িদ্‌বিশ্লেষণ** পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবনের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। বিভিন্ন ধরনের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটতে পারে—ঐ পাত্রগুলি বিভিন্ন নামে প্রচলিত, যেমন: জিবস্‌সেল, নেলসন-সেল, কাষ্টনার-কেল্‌নার সেল ইত্যাদি।

ঘন জলীয় দ্রবনে NaCl, Na^+ এবং Cl^- আয়নে বিয়োজিত হয় এবং জল সামান্য পরিমাণে H^+ এবং OH^- আয়নে বিয়োজিত হয়: $NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$, $H_2O \rightleftharpoons H^++OH^-$. তড়িদ্‌-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। দ্রবনে পড়ে থাকে Na^+ এবং OH^-. এরা পরস্পরের সংযোগে NaOH বা কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে।

অ্যানোড-বিক্রিয়া: $Cl^- - e = Cl$. $Cl+Cl=Cl_2$

ক্যাথোড-বিক্রিয়া: $H^++e=H$. $H+H=H_2$. মোটের উপর

বিক্রিয়াটি হচ্ছে এই: $2NaCl+2H_2O=2NaOH+H_2+Cl_2$.

[তবে, যদি পারদ ক্যাথোড ব্যবহৃত হয় (যেমন কাষ্টনার-কেলনার পদ্ধতিতে) সেক্ষেত্রে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় এবং পারদের সাথে বিক্রিয়ায় পারদ সংকর গঠন করে:

ক্যাথোডে—$Na^++e=Na$, $Na+Hg=Na(Hg)$.

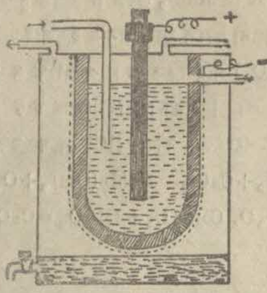
পরে ঐ পারদসংকর জলের সাথে বিক্রিয়ায় H_2 গ্যাস ও NaOH উৎপন্ন করে।

$2Na(Hg)+2H_2O=2NaOH+H_2+2Hg$.

তড়িৎ বিশ্লেষণে উৎপন্ন H_2 গ্যাস বা NaOH উভয়েই ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া ঘটাতে পারে—কাজেই উৎপন্ন ক্লোরিনের সাথে এরা যাতে না মিশতে পারে সেই ব্যবস্থা থাকা একান্ত প্রয়োজন।]

এখানে জিবস্‌ সেলের বর্ণনা দেওয়া হল: জিবস্‌ সেলে চোঙাকৃতি সছিদ্র স্টীলের ক্যাথোড এবং কার্বন অ্যানোড অ্যাসবেসটস পর্দা দ্বারা পৃথকীকৃত থাকে।

অ্যানোড কক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবন বা ব্রাইন যোগ করা হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ কালে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন বের করে নেবার জন্য অ্যানোড কক্ষের উপরের দিকে গ্যাস-নির্গমনল থাকে। ক্যাথোড-কক্ষের উপর দিকে H_2 গ্যাস নির্গমনল আছে আর এই কক্ষের নীচের দিকে NaOH এবং বাড়তি NaCl এর মিশ্রণের একটি স্তর বের করে নেবার ব্যবস্থা আছে। তড়িদ্‌বিশ্লেষণ কালে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন সংগৃহীত হয়। NaOH এবং NaCl দ্রবনের



চিত্র B. 3.5

মিশ্রস্তর বের করে আংশিক অধঃক্ষেপন পদ্ধতিতে এদেরকে পৃথক করা হয়। মিশ্র দ্রবন বাষ্পায়িত করে গাঢ় করলে প্রথমে NaCl কেলাসিত হয় এবং দূরীভূত করা হয়। এর পর দ্রবন কেলাসিত করলে NaOH এর কেলাস পাওয়া যায়।

কাষ্টনার-কেলনারসেল : কষ্টিকসোডা প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য (দ্বিতীয় খণ্ডে)

ক্লোরিনের ধর্ম : ভৌত ধর্ম : ক্লোরিন ঝাঁঝাঁলো গন্ধযুক্ত সবুজাভ-হলুদ বর্ণের গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা ক্লোরিন গ্যাস প্রায় $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী। এটি বিষাক্ত গ্যাস। গ্যাসটিকে সহজেই তরলীকৃত করা যায়। জলে যথেষ্ট পরিমাণে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : ক্লোরিন খুবই সক্রিয় মৌল। নাইট্রোজেন, ফ্লুওরিণ, অক্সিজেন, কার্বন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রায় সব মৌলের সার্থেই এটি সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

(1) **হাইড্রোজেনের সাথে** প্রত্যক্ষ সূর্যালোকে বিস্ফোরণ সহকারে ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয় এবং এর ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় (অন্ধকারে বিক্রিয়া প্রায় হয়ই না।) $H_2+Cl_2=2HCl$. হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি প্রবল—তাই অনেক হাইড্রোজেন যৌগের সাথে বিক্রিয়াকালে ক্লোরিন হাইড্রোজেনের সাথে মিলিত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(2) অনেক **অধাতুই** ক্লোরিনের সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে—অনেক ক্ষেত্রেই অধাতু ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া কালে জ্বলে ওঠে, যেমন **শ্বেত ফসফরাস :** $2P+3Cl_2=2PCl_3$, $2P+5Cl_2=2PCl_5$.

কার্বন যদি খুব সূক্ষ্ম অবস্থায় থাকে তবে প্রায় 400°C উষ্ণতায় ক্লোরিনের সাথে এর সরাসরি সংযোগে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $C+2Cl_2=CCl_4$

(3) **ধাতুর সাথে বিক্রিয়া :** অনেক ক্ষেত্রেই শুষ্ক ক্লোরিনের সাথে ধাতুর বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু আর্দ্র ক্লোরিনের সাথে সহজেই বিক্রিয়া হয়—অনেক ক্ষেত্রেই ধাতু জ্বলে ওঠে—বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় (ধাতুর একাধিক যোগ্যতার ক্ষেত্রে সাধারণত: উচ্চতর যোগ্যতার ক্লোরাইড হয়)

$2Na+Cl_2=2NaCl$, $Cu+Cl_2=CuCl_2$, $2Sb+5Cl_2=2SbCl_5$.

(4) **জারণ-ধর্ম :** ক্লোরিন জারক দ্রব্য। দ্রাব্য ব্রোমাইড বা আয়োডাইড যৌগের দ্রবন থেকে ব্রোমিন বা আয়োডিন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়: $2KX+Cl_2=2KCl+X_2$ ($X=Br$ বা I)। জলীয় দ্রবনে SO_2 সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়, ফেরাস ক্লোরাইড (বর্ণহীন) জারিত হয় ফেরিক ক্লোরাইডে (হলুদ), স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে : $SO_2+Cl_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$, $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$. হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারে জারিত হয় : $H_2S+Cl_2=S+2HCl$.

(5) **জলের সাথে বিক্রিয়া :** ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয়ে **ক্লোরিন-জল** উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবনে জারক এবং বিরঞ্জক ধর্ম বর্তমান থাকে—এর কারণ খুব সম্ভবত: জলের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, ঐ অক্সিজেন জারণে বা বিরঞ্জনে অংশ নেয় : $H_2O+Cl_2=HCl+HOCl$ (হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড)। HOCl অস্থায়ী—এটি ভেঙ্গে যায়, বিশেষ করে সূর্যালোকের সংস্পর্শে : $2HOCl=2HCl+O_2$. অর্থাৎ, ক্লোরিন জলে থাকে HCl এবং দ্রবীভূত অক্সিজেন। একটি রঙিন ফুল শুষ্ক ক্লোরিনের মধ্যে রাখলে ফুলটির বর্ণ নষ্ট হয় না, কিন্তু সামান্য জল মিশ্রিত ক্লোরিনে রাখলে সহজেই বর্ণহীন হয়ে যায়, অর্থাৎ **শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জক ধর্ম নাই।**

(6) **ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া :** অতিরিক্ত পরিমাণ শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবনের সাথে বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ গঠিত হয় : $Cl_2+2NaOH=NaCl+NaOCl+H_2O$. কিন্তু ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে অথবা ক্ষার দ্রবন গাঢ় বা উত্তপ্ত হলে ক্লোরাইড বা ক্লোরেট লবণ উৎপন্ন হয় : $3Cl_2+6NaOH=NaClO_3$ (সোডিয়াম ক্লোরেট)$+5NaCl+3H_2O$. চুন-জল বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবনের সাথে একইভাবে বিক্রিয়া হয় : (i) $2Ca(OH)_2+2Cl_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O$. (ii) $6Ca(OH)_2+6Cl_2=5CaCl_2+$

$Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$. কিন্তু $30-40°C$ উষ্ণতায় শুষ্ক কলিচুনের সাথে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়: $Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$. বিক্রিয়াটি তাপদায়ী।

অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হয়ে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়, কিন্তু **ক্লোরিনের পরিমাণ** অতিরিক্ত হলে বিস্ফোরক দ্রব্য নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়:

$$\begin{array}{l} 2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl \\ \underline{6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl} \\ 8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2, \; N_2 + 3Cl_2 = 2NCl_3. \end{array}$$

(7) সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন কার্বন মনোক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে যুতযৌগ কার্বনিল ক্লোরাইড (বিষাক্ত গ্যাস যা ফসজেন বলে পরিচিত) এবং সালফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ায় চারকোলের উপস্থিতি প্রয়োজন: $CO + Cl_2 = COCl_2$, $SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$.

(8) অনেক জৈব যৌগের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয় এবং অনেক বিক্রিয়াতেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং কার্বন পৃথক হয়ে যায়. এর কারণ হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের তীব্র আসক্তি এবং কার্বনের প্রতি অনাসক্তি, তার্পিন-তেল ক্লোরিন গ্যাসে জলে ওঠে। কালো কার্বন-কণা পৃথক হয়ে যায়: $C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$. অনেক অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সাথে যুত-যৌগ গঠিত হয়, যেমন: $C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$ (ইথিলীন ডাইক্লোরাইড), অনেকক্ষেত্রে আবার প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াও হয়। (জৈব রসায়ন দ্রষ্টব্য)

ক্লোরিনের ব্যবহার: ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়: (1) কাগজ ও বস্ত্র শিল্পে বিরঞ্জক দ্রব্য হিসাবে, (2) পানীয় জল বিজাণুমুক্ত করতে, (3) ব্লিচিং পাউডার, ডি. ডি. টি., কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতে এবং বিভিন্ন ঔষধ ও বিস্ফোরক দ্রব্য উৎপাদনে এবং অসংখ্য ক্লোরাইড যৌগ প্রস্তুতিতে। (4) ক্লোরিন বিষাক্ত গ্যাস, সেইজন্য যুদ্ধের সময় বিষাক্ত গ্যাস হিসাবে ক্লোরিন বা ক্লোরিন-ঘটিত যৌগ, যেমন ফসজেন ($COCl_2$), মাষ্টার্ড গ্যাস ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরিনের সনাক্তকরণ: (1) ক্লোরিন ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, এর বর্ণ সবুজাভ হলুদ, গ্যাসটি স্টার্চ-আয়োডাইড পেপারকে নীল (বা কালো) করে দেয়, একটি জল-সিক্ত রঙিন ফুল গ্যাসটির মধ্যে ধরলে ফুলটি বর্ণহীন হয়ে যায়। (2) (ক) গ্যাসটির জলীয় দ্রবনে সিলভার নাইট্রেট দ্রবন যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, ঐ অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু NH_4OHএ দ্রাব্য।

ব্রোমিন

1826 সালে ব্যালার্ড এবং কার্ল লোইগ স্বতন্ত্রভাবে ব্রোমিন আবিষ্কার করেন। ব্রোমিন নামকরনের কারণ এর উগ্র কটু গন্ধ (গ্রীক শব্দ bromos = bad smell)।

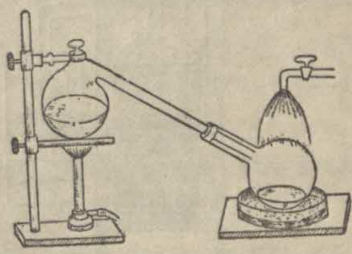
প্রকৃতিতে ব্রোমিন পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন ব্রোমাইড যৌগ হিসাবে।

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ও মধ্যম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সংযোগে সোডিয়াম—বা পটাসিয়াম ব্রোমাইড পাতিত করে :

$$2NaBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + Br_2 + 2H_2O.$$

একটি বকযন্ত্রে পাতন ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। লাল ব্রোমিন গ্যাস নির্গত হয়, শীতলীকৃত গ্রাহক পাত্রে গাঢ় লাল তরল ব্রোমিন সঞ্চিত হয়। (চিত্র B. 3.6) ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ছাড়া অন্যান্য জারকদ্রব্য যেমন Cl_2 বা গাঢ় HNO_3 দ্বারাও ব্রোমাইড লবণ জারিত করে ব্রোমিন প্রস্তুত করা যায়। যেমন :

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2.$$



চিত্র B. 3.6. ব্রোমিন-প্রস্তুতি

আধুনিক কালে **বৃহদায়তন-পদ্ধতিতে** ব্রোমিন উৎপাদিত হয় সমুদ্রজল থেকে। (আটলান্টিক সমুদ্রের জলে ব্রোমিনের পরিমাণ গড়ে প্রতি দশ লক্ষ ভাগে প্রায় 70 ভাগ) সমুদ্রজলে ব্রোমিন থাকে ব্রোমাইড যৌগ হিসাবে, মূলতঃ ক্ষারীয় ধাতুর ব্রোমাইড হিসাবে। সমুদ্রজলের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় গ্যাসীয় ব্রোমিন, ঐ ব্রোমিন বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে বার করে এনে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবনে শোষিত করা হয়। এই দ্রবন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করে পাতিত করা হয়, উৎপন্ন বাষ্পীয় ব্রোমিন শীতলীকৃত গ্রাহকপাত্রে তরলরূপে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়া:—

$2MBr + Cl_2 = 2MCl + Br_2$ (M = একযোজী ধাতু Na, K ইত্যাদি)

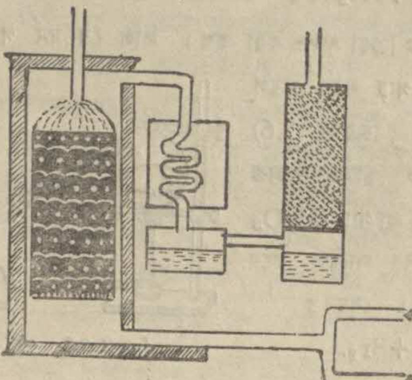
$$6Na_2CO_3 + 3Br_2 + 3H_2O = 5NaBr + NaBrO_3 + 6NaHCO_3$$

$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O.$$

জার্মানীর স্ট্যাসফুর্টে প্রচুর পরিমাণে প্রাপ্ত কার্নালাইট আকরিক ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) থেকেও ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি হয়ে থাকে। কার্নালাইট আকরিকে শতকরা

প্রায় 1 ভাগ ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে (পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ছাড়াও)। ঐ যৌগ থেকেই ব্রোমিন পাওয়া যায়।

কার্নালাইট আকরিক জলে দ্রবীভূত করে জলীয় দ্রবনকে বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত করে ঠাণ্ডা করলে KCl এবং $MgCl_2$ এর কেলাস পৃথক হয়ে পড়ে। ঐ কেলাস পৃথক করে নিলে পরে শেষ দ্রবে (mother liquor) থাকে ব্রোমাইড লবণ। ঐ দ্রব (একে বলে বিটার্ন) উত্তপ্ত করে মাটির বল ভর্তি একটি স্তম্ভের উপর দিক থেকে নীচের দিকে ফেলা হয় (চিত্র B. 3.7) এবং নীচের দিক থেকে ক্লোরিন ও জলীয়



চিত্রB. 3.7.

বাষ্পের প্রবাহ উপর দিকে উঠতে থাকে। ব্রোমাইড লবণ থেকে ক্লোরিন দ্বারা ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত হয়। ($MgBr_2+Cl_2= MgCl_2+Br_2$) বাষ্পীয় ব্রোমিন স্তম্ভের উপর দিকে অবস্থিত নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে এবং শীতক নলের মধ্য দিয়ে চালিত করে তরলরূপে ঘনীভূত করা হয়। ঘনীভূত হয় না এমন সামান্য ব্রোমিন প্রেরিত হয় আর্দ্র লৌহচূর্ণ ভর্তি একটি কক্ষে। এখানে ফেরাস ও ফেরিক ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। এদের সাথে পটাসিয়াম কার্বনেটের বিক্রিয়া ঘটিয়ে পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপন্ন করা হয়।

ব্রোমিনের ধর্ম : সাধারণ তাপমাত্রায় একমাত্র তরল অধাতু ব্রোমিন। কঠিন, তরল বা বাষ্পীয় অবস্থায় বোমিনের বর্ণ লাল। এর গন্ধ তীব্র ঝাঁঝালো। ব্রোমিন-বাষ্প শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী আক্রমণ করে। জলে দ্রবীভূত হয়ে ব্রোমিন **ব্রোমিন-জল** গঠন

করে। তবে ক্লোরিনের তুলনায় ব্রোমিনের জলে দ্রাব্যতা কম। কার্বন ডাইসালফাইড, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদি দ্রাবকে ব্রোমিন সহজেই দ্রবীভূত হয়, দ্রবনের বর্ণ হয় কমলাভ-লাল। ব্রোমিন ভারী তরল (0°C এ ঘনত্ব প্রায় 3.2)।

রাসায়নিক ধর্ম : ব্রোমিন এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক ধর্ম প্রায় এক। তবে **গ্যাসীয়** ব্রোমিন গ্যাসীয় ক্লোরিন অপেক্ষা কম সক্রিয়, কিন্তু **তরল** ব্রোমিন অবশ্য **গ্যাসীয়** ক্লোরিন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়। ব্রোমিন প্রায় সব ধাতু এবং অনেক অধাতুর সাথে সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করতে পারে। তবে কার্বন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের সাথে ব্রোমিনের বিক্রিয়া হয় না।

(1) **উত্তপ্ত অবস্থায়** ব্রোমিন এবং হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় : $H_2+Br_2=2HBr$.

(2) কয়েকটি ধাতু এবং অধাতুর সাথে তরল ব্রোমিন তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ব্রোমাইড যৌগ গঠন করে :

(ক) সাদা ফসফরাসের সাথে তরল ব্রোমিনের বিস্ফোরণ-সহকারে বিক্রিয়ায় ফসফরাস পেন্টাব্রোমাইড উৎপন্ন হয় : $P_4+10Br_2=4PBr_5$.

(খ) আর্সেনিক পাউডার তরল ব্রোমিনের সংস্পর্শে জ্বলতে থাকে এবং বিক্রিয়ায় আর্সেনিক ট্রাইব্রোমাইড গঠিত হয় : $2As+3Br_2=2AsBr_3$.

(গ) পটাসিয়ামের সাথে বিস্ফোরণ সহকারে এবং সোডিয়ামের সাথে উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া ঘটে। $2K+Br_2=2KBr$. $2Na+Br_2=2NaBr$.

(3) **জল এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া :** ক্লোরিনের মতই বিক্রিয়া, (ব্রোমিন-জল অবশ্য হলুদ বর্ণের) কেবল ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট এবং ক্লোরেট যৌগের স্থানে ব্রোমাইড, হাইপোব্রোমাইট এবং ব্রোমেট যৌগ হবে। (ক্লোরিনের বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)

(4) ব্রোমিন জারক-দ্রব্য। পটাসিয়াম আয়োডাইডের বর্ণহীন জলীয় দ্রবন থেকে আয়োডিন ব্রোমিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে পটাসিয়াম আয়োডাইডের সাথে লাল পটাসিয়াম ট্রাইআয়োডাইড গঠন করে। $2KI+Br_2=2KBr+I_2$. $KI+I_2=KI_3$.

ব্রোমিন হাইড্রোজেন সালফাইডকে (দ্রবনে) সালফারে জারিত করে : $H_2S+Br_2=S+2HBr$, SO_2 কে জারিত করে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং সালফাইটকে সালফেট যৌগে :

$$SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4. \quad Na_2SO_3+H_2O+Br_2=Na_2SO_4+2HBr.$$

(5) অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ ব্রোমিন-জলের সাথে বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ গঠন করে এবং লাল ব্রোমিন-জলকে বর্ণহীন করে দেয়। এটি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার একটি সনাক্তকরণ পরীক্ষা : $C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$

ইথিলীন ইথিলীন ডাইব্রোমাইড (যুত-যৌগ)

ব্রোমিনের ব্যবহার : (1) ব্রোমিন বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় ইথিলীন ডাই ব্রোমাইড উৎপাদনে, এই ইথিলীন ডাইব্রোমাইড পেট্রলের সাথে ব্যবহৃত প্রত্যাঘাত-যৌগ (antiknock compound) লেড টেট্রাইথাইল উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। (2) অনেক জৈব রঞ্জক দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্রোমিন ব্যবহৃত হয় (যেমন লাল রং ইয়োসিন)। (3) ব্রোমিনের যৌগ (ক) সিলভার ব্রোমাইড ব্যবহৃত হয় ফটোগ্রাফীতে, (খ) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ঔষধ প্রস্তুতিতে (গ) মিথাইল ব্রোমাইড আগুন নেভানোর কাজে। (4) বীজাণুনাশক হিসাবেও ব্রোমিন ব্যবহৃত হয় (5) জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার সনাক্তকরণ পরীক্ষায় ব্রোমিন-জল ব্যবহৃত হয়, মৃদু জারকদ্রব্য হিসাবেও ব্রোমিনের ব্যবহার আছে।

ব্রোমিনের সনাক্তকরণ পরীক্ষা : ব্রোমিনের লাল বর্ণ, তীব্র ঝাঁঝাঁলো গন্ধ, এর জলীয় দ্রবনের হলুদ-বর্ণ এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবনের কমলাভ-লাল বর্ণ দেখে একে সনাক্তকরণ করা যায়। কার্বনটেট্রাক্লোরাইড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবনে ব্রোমিন যোগ করে ঝাঁকালে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড স্তর বেগুনী বর্ণ ধারণ করে।

আয়োডিন

গ্রীক শব্দ iodes এর অর্থ বেগুনী বর্ণ। আয়োডিন-বাষ্পের বেগুনী বর্ণের জন্যই এর এইরূপ নামকরণ।

যদিও মুক্ত অবস্থায় সামান্য আয়োডিন প্রকৃতিতে পাওয়া গেছে, তবুও মূলতঃ আয়োডিন প্রকৃতিতে পাওয়া যায় বিভিন্ন যৌগ হিসাবে। আয়োডিনের প্রধান প্রধান উৎস এইগুলি : **চিলির সোরা** বা ক্যালিক-এ $NaNO_3$ এর সাথে শতকরা প্রায় 0·2 ভাগ আয়োডিন থাকে সোডিয়াম আয়োডায়েট যৌগ হিসাবে। **সমুদ্র-জলে** শতকরা প্রায় 0.001 ভাগ আয়োডিন পাওয়া যায় আয়োডাইড বা আয়োডেট যৌগ হিসাবে। কিছু সামুদ্রিক শৈবাল সমুদ্রজল থেকে আয়োডিন শোষণ করে জৈব যৌগ হিসাবে। এই ধরণের গভীর সামুদ্রিক শৈবাল এর ভস্মে বা **কেল্পে** শতকরা প্রায় 0.4 1.3 ভাগ আয়োডিন থাকে। কত মাছের লিভারের তেলে, প্রাণীদেহের

থাইরয়েড গ্রন্থিতে আয়োডিন পাওয়া যায়। কিছু খনিজ লবণ এবং পেট্রলিয়াম কূপজাত লবণজলেও আয়োডিন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয় সোডিয়াম বা পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড (1 ভাগ গাঢ় অ্যাসিড : 6 ভাগ জল) এর মিশ্রণ পাতিত করে। বিক্রিয়ক মিশ্রণ কাচের বকযন্ত্রে নিয়ে পাতিত করা হয়, বেগুনী বর্ণের আয়োডিন-বাষ্প উৎপন্ন হয়ে শীতল গ্রাহকপাত্রে কালো উজ্জ্বল কেলাসরূপে সংগৃহীত হয় :

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O.$$

(চিত্র : ব্রোমিন প্রস্তুতির ন্যায়)

পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবন থেকে ক্লোরিন, ব্রোমিন বা অন্যান্য জারক-দ্রব্য আয়োডিন মুক্ত করে : $2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$.

বৃহদায়তন-প্রস্তুতি (Manufacture)

(i) **গম্ভীর সামুদ্রিক শৈবাল** থেকে : সামুদ্রিক শৈবাল মৃদুতাপে সম্পূর্ণরূপে পুড়িয়ে যে ভস্ম পাওয়া যায় তাকে বলে **কেল্প**—এতে থাকে বিভিন্ন পটাসিয়াম লবণ আর শতকরা প্রায় 0·4 থেকে 1·3 ভাগ আয়োডিন—আয়োডাইড যৌগ হিসাবে। কেল্প গরমজলে ফুটিয়ে ফিলটার করে পরিশ্রুত-দ্রবন ফুটিয়ে গাঢ় করা হয়। এর ফলে, কমদ্রাব্য ক্ষারীয় ক্লোরাইড, সালফেট এবং কার্বনেট লবণগুলি কেলাসিত হয়। কেলাস পৃথক করবার পর শেষ দ্রবে (mother-liquor) থেকে যায় দ্রাব্য আয়োডাইড এবং ব্রোমাইড যৌগ। শেষ দ্রবের সাথে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশিয়ে গম্বুজাকৃতি সীসার ঢাকনা দেওয়া লোহার রেটর্টে নিয়ে উত্তপ্ত করা হয়। আয়োডিন-বাষ্প উৎপন্ন হয়—ঐ বাষ্প পরপর সজ্জিত চীনামাটির গ্রাহক-পাত্র বা **অ্যালুডেলে** কঠিনরূপে সংগৃহীত হয়। ঊর্ধ্বক্ষেপন পদ্ধতির সাহায্যে ঐ আয়োডিন বিশুদ্ধিকৃত হয়।

(ii) **চিলির সোরা বা ক্যালিক থেকে :** প্রাকৃতিক সোরা বা ক্যালিকে সোডিয়াম নাইট্রেটের সাথে মিশ্রিত অবস্থায় শতকরা প্রায় 0·15 থেকে 0·2 ভাগ সোডিয়াম-আয়োডেট যৌগ থাকে। ঐ সোরা জলে দ্রবীভূত করে দ্রবন বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ় করা হয়। ফলে কম-দ্রাব্য সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়। কেলাস পৃথক করবার পর শেষ দ্রবে থেকে যায় সোডিয়াম আয়োডেট। শেষ দ্রবের সাথে

সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইটের বিক্রিয়া ঘটানো হয়—কঠিন আয়োডিন উৎপন্ন হয়। উত্তাপের সাহায্যে মিশ্রণ শুষ্ক করলে আয়োডিন উর্দ্ধপাতিত হয়ে শীতল গ্রাহকপাত্রে কঠিনরূপে সংগৃহীত হয়।

$$2NaIO_3+5NaHSO_3=I_2+3NaHSO_4+2Na_2SO_4+H_2O.$$

(iii) **পেট্রলিয়াম কূপজাত ব্রাইন থেকে :** এই ধরনের ব্রাইন দ্রবনে আয়োডাইড যৌগ হিসাবে আয়োডিন বর্তমান থেকে। ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে আয়োডিন মুক্ত করা হয়, ঐ আয়োডিন বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে বের করে এনে হাইড্রায়ডিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণে শোষিত করা হয়। SO_2 এর সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে ঐ আয়োডিনকে বিজারিত করা হয়। বিজারিত আয়োডাইড দ্রবন থেকে আবার ক্লোরিনের সাহায্যে আয়োডিন মুক্ত করা হয়। ফিল্টার করে ঐ আয়োডিন সংগৃহীত হয় এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের নীচে রেখে আয়োডিন গলিয়ে ফেলা হয়—এর ফলে জৈব অশুদ্ধি ও জল দূরীভূত হয়। গলিত আয়োডিন ছাঁচে ফেলে কঠিন আয়োডিনের ব্লক তৈরী করা হয়। $2NaI+Cl_2=2NaCl+I_2$, $I_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$, $2HI+Cl_2=I_2+2HCl$.

বিশুদ্ধিকরণ : আয়োডিনে অশুদ্ধি হিসাবে আয়োডিন ক্লোরাইড ICl, আয়োডিন-ব্রোমাইড IBr এবং আয়োডিন সায়ানাইড ICN থাকতে পারে। এই যৌগগুলি উদ্বায়ী কাজেই উর্ধ্বপাতন পদ্ধতিতে এদের থেকে আয়োডিনকে মুক্ত করা যায় না। অশুদ্ধ আয়োডিনের সাথে KI এবং চুন মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে কেবলমাত্র আয়োডিন উর্দ্ধপাতিত হয় এবং শীতল গ্রাহকপাত্রে বিশুদ্ধ কঠিনরূপে সংগৃহীত হয়। এক্ষেত্রে চুন জল শোষণ করে এবং KI অশুদ্ধিগুলি দূর করে : $ICl+KI=KCl+I_2$, $IBr+KI=KBr+I_2$, $ICN+KI=KCN+I_2$.

ধর্ম : আয়োডিন উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ, এর কেলাসের বর্ণ কালচে-ধূসর। আয়োডিন-বাষ্পের বর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় ঘন-নীল, কিন্তু বায়ুর সাথে মিশ্রিত অবস্থায় বেগুনী। আয়োডিনের আণবিক সংকেত I_2, কিন্তু 700°C-এর উপরে আয়োডিন অণু বিয়োজিত হতে থাকে $I_2 \rightleftharpoons 2I$. 1700°C উষ্ণতায় এই বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়। আয়োডিন উত্তপ্ত করলে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়, ঠাণ্ডা করলে বাষ্প সরাসরি কঠিনে পরিবর্তিত হয় (উর্দ্ধপাতন)। আয়োডিন খুবই সামান্য পরিমাণে জলে দ্রাব্য, পটাসিয়াম আয়োডাইড বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড দ্রবনে সহজেই দ্রবীভূত হয়, এইরূপ দ্রবনে ট্রাইআয়োডাইড আয়ন উৎপন্ন হয় : $KI+I_2 \rightleftharpoons KI_3$. কতকগুলি

জৈব দ্রাবক যেমন, অ্যালকহল, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, কার্বন ডাই সালফাইড, ইথার, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে আয়োডিন সহজেই দ্রবীভূত হয়। জল, অ্যালকহল, ইথার বা আয়োডাইড-এ আয়োডিন দ্রবনের বর্ণ **বাদামী**, কিন্তু কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে এর দ্রবনের বর্ণ বেগুনী বা লাল্‌চে বেগুনী।

রাসায়নিক ধর্মের দিক থেকে ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের সাথে আয়োডিনের মিল রয়েছে, কিন্তু এর সক্রিয়তা অনেক কম।

(i) **প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায়** আয়োডিন হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করে: $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$; বিক্রিয়া উভমুখী। (ii) আয়োডিন নিজে দাহ্য নয়, কিন্তু কয়েকটি ক্ষেত্রে অপরের দহনে সহায়তা করে। শ্বেত ফসফরাস কঠিন আয়োডিনের সংস্পর্শেই জ্বলে উঠে, অ্যান্টিমনি পাউডার আয়োডিন বাষ্পের সংস্পর্শে প্রজ্জ্বলিত হয়: $P_4 + 6I_2 = 4PI_3$. ধাতব পটাসিয়ামের সাথে আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটে বিস্ফোরণ সহকারে। মার্কারির সাথে আয়োডিনের মিশ্রণ ঘর্ষণ করলে আয়োডিনের পরিমাণ কম বা বেশি হলে যথাক্রমে সবুজ মারকিউরাস আয়োডাইড বা হলুদ মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয়: $2Hg + I_2 = Hg_2I_2$, $Hg + I_2 = HgI_2$. অন্য হ্যালোজেন মৌলের সাথে আয়োডিন সরাসরি যুক্ত হয়ে আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ (যেমন IF_5, ICl, ICl_3, IBr, IBr_3) গঠন করে।

ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া: লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবনের সাথে বিক্রিয়ায় প্রাথমিকভাবে আয়োডাইড ও **হাইপোআয়োডাইট** যৌগ গঠিত হয়: $2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$. কিন্তু হাইপোআয়োডাইট যৌগ অস্থায়ী, মিশ্রণ রেখে দিলে হাইপোআয়োডাইট যৌগ শেষ পর্যন্ত আয়োডেট যৌগে পরিবর্তিত হয়ে যায়। উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবনের সাথে বিক্রিয়ায় আয়োডেট ও আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। ক্ষার দ্রবন যদি গাঢ় হয় এবং আয়োডিন যদি অতিরিক্ত পরিমাণে থাকে তাহলেও দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি ঘটে: $3I_2 + 6NaOH = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$.

জারণ ধর্ম: আয়োডিন মৃদু জারক দ্রব্য, অন্য হ্যালোজেনের তুলনায় এর জারণ ক্ষমতা কম। আয়োডিন হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে, সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবন বা সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে, সালফাইটকে সালফেট যৌগে জারিত করে: $H_2S + I_2 = S + 2HI$, $SO_2 + 2H_2O + I_2 = H_2SO_4 + 2HI$. $Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$.

বিজারণ ধর্ম : আয়োডিন তীব্রতর জারক দ্রব্য ঘন HNO_3 দ্বারা আয়োডিক-অ্যাসিডে জারিত হয়, HNO_3 বিজারিত হয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে : $I_2+10HNO_3=2HIO_3+10NO_2+4H_2O$. পটাসিয়াম ক্লোরেট যৌগ থেকে ক্লোরিণ আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এক্ষেত্রে আয়োডিন জারিত হয়ে পটাসিয়াম আয়োডেট যৌগ উৎপন্ন করে : $2KClO_3+I_2=2KIO_3+Cl_2$.

আয়োডিনের সনাক্তকরণ : (1) কঠিন আয়োডিন উত্তপ্ত করলে সরাসরি বেগুনী বর্ণের বাষ্প উৎপন্ন হয়—ঐ বাষ্প ঠাণ্ডা করলে সরাসরি কঠিনে পরিবর্তিত হয়। (2) ষ্টার্চ দ্রবনের সাথে আয়োডিন দ্রবন মেশালে ঘন নীল বর্ণের একটি জটিল যৌগ উৎপন্ন হয়। (3) ক্লোরোফর্ম, কার্বনটেট্রাক্লোরাইড বা কার্বন ডাই সালফাইডের সাথে আয়োডিন বেগুনী বর্ণের দ্রবন উৎপন্ন করে। (4) ইথাইল অ্যালকহল বা অ্যাসিটোন এবং কষ্টিক সোডা দ্রবনের সাথে আয়োডিন-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে ঠাণ্ডা করলে হলুদ বর্ণের ছুঁচের ন্যায় আয়োডোফর্মের কেলাস উৎপন্ন হয়, আয়োডোফর্মের একটি স্বকীয় গন্ধও আছে।

আয়োডিনের ব্যবহার : (1) আয়োডিনের অ্যালকহলীয় দ্রবন বা টিঞ্চার-আয়োডিন অ্যান্টিসেপটিক ও জীবাণুনাশক হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়। (2) আয়োডিনের যৌগ আয়োডোফর্ম অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে এবং সিলভার আয়োডাইড ফটোগ্রাফীতে ব্যবহৃত হয়। (3) প্রাণীদেহের থাইরয়েড গ্লাণ্ডে আয়োডিন থাকে থাইরক্সিন যৌগ হিসাবে। আয়োডিনের অভাবে গলগণ্ড রোগ হতে পারে। এই রোগ হলে আয়োডিন-যৌগ ইণ্ডোথাইরিন ইঞ্জেকশন দেওয়া হয় গ্ল্যাণ্ডে। রোগটির প্রাদুর্ভাব হলে পানীয় জলে এবং খাবার লবণে অনেক সময় আয়োডাইড যৌগ মিশিয়ে দেওয়া হয়। (4) পরীক্ষাগারে আয়োডিন-দ্রবন (KI দ্রবনে) আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

চতুর্থ অধ্যায়

অক্সাইড সমূহ

এই অধ্যায়ে কার্বন, সিলিকন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও সালফারের নিম্নের অক্সাইডগুলি আলোচিত হবে : (বন্ধনীর মধ্যে অক্সিজেন ব্যতীত অপর মৌলের জারণ সংখ্যা দেওয়া হল)।

কার্বনের অক্সাইড : $CO\ (+2)$, $CO_2\ (+4)$

সিলিকনের অক্সাইড : $SiO_2\ (+4)$

নাইট্রোজেনের অক্সাইড : $N_2O\ (+1)$, $NO(+2)$, $N_2O_3(+3)$, $N_2O_4(+4)$, $N_2O_5(+5)$

ফসফরাসের অক্সাইড : $P_4O_6(+3)$, $P_4O_{10}(+5)$

সালফারের অক্সাইড : $SO_2(+4)$, $SO_3(+6)$

সাধারণ আলোচনা : অক্সাইড সমূহকে প্রচলিত দুটি পদ্ধতিতে শ্রেণীবিভাগ করা যায় : (i) জলীয় দ্রবণে অক্সাইড সমূহের অ্যাসিড ক্ষারক ধর্ম অনুযায়ী (ii) গঠন অনুযায়ী। গাঠনিক দিক থেকে C (গ্রুপ IV), N ও P (গ্রুপ V), S (গ্রুপ VI) এর অক্সাইড সমূহকে সরল সমযোজী অক্সাইড হিসাবে এবং Si এর অক্সাইডকে অতিকায় সমযোজী অক্সাইড হিসাবে গণ্য করা যায়। ফসফরাসের অক্সাইডের গ্যাসীয় অবস্থায় সামান্য বহুযৌগিকতা (polymerisation) দেখা যায় (যেমন, P_4O_6 ও P_4O_{10}) এবং কঠিন অবস্থায় এই বহুযৌগিকতার আধিক্য দেখা যায়। কার্বন ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ কমস্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট একক অণু (monomer) হিসাবে থাকে (NO_2 ব্যতিক্রম)। সালফারের অক্সাইড-গুলিও কিছু পরিমাণে বহু যৌগিকতা দেখায়।

কার্বন (CO জলে অদ্রাব্য ও জলের সাথে বিক্রিয়া করে না) এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি ধীরে ধীরে জলের সাথে বিক্রিয়া করে। ফসফরাসের অক্সাইডের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার তীব্রতা বৃদ্ধি পায়। সালফারের অক্সাইডগুলিও জলের সাথে অক্সি অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

নাইট্রাস অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা ও মোট

ইলেকট্রণের সংখ্যা সমান (isosteric molecules) ; সুতরাং N_2O ও CO_2 এর মধ্যে অনেক সাদৃশ্য বর্তমান :

	N_2O	CO_2
তরলের ঘনত্ব গ্রা./মি.লি. (10°সে.)	0·856	0·858
জলে দ্রাব্যতা, 10°সে. উষ্ণতায়	1·305	1·780
হাইড্রেট	$N_2O,6H_2O$	$CO_2, 6H_2O$
তড়িৎ পরিবাহিতা, 100° সে.এ	0·0506	0·0506
তরলের প্রতিসরণাঙ্ক, D লাইন, 16° সে.এ	1·193	1·190

কার্বন মনোক্সাইড অন্যান্য অক্সাইডের থেকে ধর্মে পৃথক।

গ্রুপ IV এর মৌল C এবং Si এর ডাই-অক্সাইডের মধ্যে CO_2 গ্যাস হলেও SiO_2 একটি কেলাসীয় কঠিন পদার্থ। সিলিকন ডাই-অক্সাইড সঠিক অর্থবোধক নয়—কারণ পৃথক SiO_2 অণুর অস্তিত্ব নাই। সিলিকন ডাই-অক্সাইড একটি অতিকায় অণু এবং এর গড় সংকেত হল SiO_2। যদিও C এবং Si এর অন্যান্য যৌগে অনেক সাদৃশ্য আছে, গ্যাসীয় CO_2 এবং কঠিন SiO_2 এর মধ্যে বিরাট পার্থক্য বর্তমান এবং এই পার্থক্যের কারণ হল সিলিকন ডাই-অক্সাইডের বিশেষ কেলাসীয় গঠন (অতিকায় অণু)।

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে গাঠনিক একক হল CO_2 এবং পৃথক CO_2 অণুগুলি মৃদু আন্তর আণবিক শক্তিদ্বারা সন্নিবদ্ধ। এই CO_2 অণুগুলিকে পৃথক করতে অপেক্ষাকৃত কম শক্তি প্রয়োজন, সুতরাং কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং এর গলনাঙ্কও কম। অপরপক্ষে সিলিকন ডাই-অক্সাইডের একক SiO_2 নয় ; সিলিকন এবং অক্সিজেন পরমাণু চতুস্তলকীয় অবস্থায় সজ্জিত—একটি সমচতুস্তলকের কেন্দ্রে আছে Si পরমাণু এবং চারটি কোণে চারটি অক্সিজেন পরমাণু এবং SiO_4 সমচতুস্তলকগুলি কোণের অক্সিজেন পরমাণুর সেতুবন্ধনে পাশাপাশি পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে একটি অতিকায় অণু সৃষ্টি করেছে। ফলে SiO_2 একটি উচ্চগলনাঙ্কযুক্ত কঠিন পদার্থ। SiO_2 জলে অদ্রাব্য এবং জলের সাথে বিক্রিয়া করে না।

গ্রুপ V এর মৌল নাইট্রোজেন এবং ফসফরাস উভয়েই ট্রাই এবং পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে। N_2O_3 এবং P_2O_3 আম্লিক অক্সাইড এবং জলের সাথে নাইট্রাস অ্যাসিড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। N এবং P আম্লিক পেন্টক্সাইড N_2O_5 ও P_2O_5 উৎপন্ন করে—N_2O_5 ও P_2O_5 যথাক্রমে HNO_3 ও H_3PO_4 এর অ্যানহাইড্রাইড। এ ছাড়া নাইট্রোজেন দুটি প্রশম অক্সাইড N_2O এবং NO উৎপন্ন

করে ; +4 জারণ সংখ্যার অক্সাইড N_2O_4 জলের সাথে নাইট্রাস এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। সালফারের দুটি জারণ সংখ্যার +4 এবং +6 এর অক্সাইড SO_2 এবং SO_3 আম্লিক অক্সাইড এবং জলে দ্রবীভূত হয়ে এরা যথাক্রমে সালফিউরাস এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

I. কার্বনের অক্সাইড : CO এবং CO_2.

কার্বন ডাই-অক্সাইড

প্রস্তুতি : (1) কোন কার্বনেট (CO_3'') বা হাইড্রোজেন কার্বনেটের (HCO_3') সাথে তীব্র অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাগারে এই পদ্ধতিতে CO_2 প্রস্তুত করা হয়।

(i) $2H^+ + CO_3'' \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$

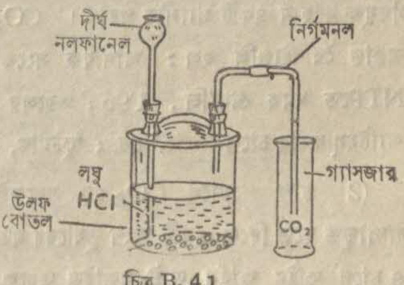
$(CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2)$

(ii) $H^+ + HCO_3' \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$

$(NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2)$

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি : মার্বেলের উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে CO_2 প্রস্তুত করা হয় (সমী. i)।

একমুখে দীর্ঘনল ফানেল এবং অপরমুখে নির্গমনলযুক্ত একটি দু'মুখ বিশিষ্ট উলফ্ বোতলে মার্বেলের ছোট ছোট টুকরো নিয়ে এমনভাবে জল যোগ করা হয় যাতে মার্বেলের টুকরো এবং ফানেলের প্রান্ত জলের তলায় থাকে। ফানেলের ভিতর দিয়ে মাঝামাঝি গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে সাধারণ উষ্ণতায় বুদ্‌বুদন সহ CO_2 গ্যাস বার হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে অ্যাসিড বাষ্প থেকে মুক্ত করার জন্য জল বা সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পূর্ণ গ্যাসধাবকের মধ্য দিয়ে চালনা করে বায়ুর ঊর্দ্ধাপসারণের দ্বারা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয় (CO_2 বায়ু থেকে 1·53 গুণ ভারী)। [চিত্র B 4·1] CO_2 শুষ্ক করতে অনার্দ্র $CaCl_2$, গাঢ় H_2SO_4 বা P_2O_5 ব্যবহার করা যায় এবং শুষ্ক গ্যাস পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র B. 4.1.

এই প্রস্তুতিতে অ্যাসিড হিসাবে H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না, কারণ, কিছুক্ষণ বিক্রিয়ার পর মার্বেলের উপর অদ্রাব্য $CaSO_4$ এর আবরণ পড়ায় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়।

প্রয়োজনানুসারে CO_2 পাওয়ার জন্য কিপ যন্ত্রে এই প্রস্তুতি করা হয়।

বিশুদ্ধ CO_2 পাওয়ার পদ্ধতি :

Na_2CO_3 (বিশুদ্ধ)$+H_2SO_4$ (স্ফুটনের সাহায্যে বায়ুমুক্ত)$=Na_2SO_4$
$+H_2O+CO_2$

(2) (i) ধাতব কার্বনেটের (ক্ষার ধাতুর কার্বনেট ও BaCO ব্যতীত) তাপ বিযোজনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2$$

(ii) সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ CO_2 পাওয়া যায় :

$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+H_2O+CO_2$$

(3) চিনির কোহল সন্ধানের কালে (উৎসেচকের দ্বারা) CO_2 উৎপন্ন হয় (শিল্প পদ্ধতি) $C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ) $\rightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2$

(4) অতিরিক্ত অক্সিজেন বা বায়ুতে কার্বনের বা কার্বনযৌগের পূর্ণ দহনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয় :

$$C+O_2=CO_2\ ;\ CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O\ ;$$
$$C_2H_5OH+3O_2=2CO_2+3H_2O.$$

ধর্ম : (1) **ভৌতধর্ম :** NTPতে কার্বন ডাই-অক্সাইড মৃদু আম্লিক স্বাদ ও গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি গ্যাসীয় পদার্থ। CO_2 জলে অত্যধিক পরিমাণে দ্রাব্য। এর অন্যান্য বৈশিষ্ট্যগুলি হল : আণবিক সংকেত, CO_2 ; আণবিক ওজন, 44·01 ; NTPতে ঘনত্ব গ্রা./লি., 1·96 ; তরলের ঘনত্ব 0·95 গ্রা./মি.লি. ; গলনাঙ্ক 5·3 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে −56° সে. ; স্ফুটনাঙ্ক, −78·5° সে. উষ্ণতায় উর্দ্ধপাতিত হয়।

(2) চাপ প্রয়োগে CO_2 কে সহজেই তরলে পরিণত করা যায়। তরল CO_2 বাষ্পীভূত হতে দিলে একটি অংশ তুষারের মত কঠিনে পরিণত হয়। সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি বাষ্পীভূত হয়। কঠিন CO_2 'শুষ্ক বরফ' (dry ice) নামে পরিচিত।

(3) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি অত্যন্ত সুস্থিত পদার্থ −2000° সে. উষ্ণতায় মাত্র 1·8% উপাদান মৌলে বিয়োজিত হয়। CO_2 নিজে দাহ্য নয়, অপরের দহনে

সাহায্য করে না (জ্বলন্ত পাটকাঠি, S, P কার্বন ডাই-অক্সাইডে নিভে যায়), প্রাণীর শ্বাসকার্যেও সহায়তা করে না। কিন্তু জ্বলন্ত K, Na, Mg কার্বন ডাই-অক্সাইডে জ্বলতে থাকে এবং কার্বন উৎপন্ন হয়। এতে প্রমাণিত হয় কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন উপস্থিত আছে। K, Na, Mg এর দহনকালে যে অতি উষ্ণতা সৃষ্টি হয় তাতে CO_2 বিযোজিত হয়ে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং এই অক্সিজেন ধাতুর জ্বলনে সাহায্য করে।

$$4K+3\,CO_2=2K_2CO_3+C\;;\;2Mg+CO_2=2MgO+C.$$

(4) CO_2 জলে দ্রবীভূত হয়ে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। চাপ বাড়ালে CO_2 এর দ্রাব্যতাও বাড়ে। কার্বনিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবনেই পাওয়া যায় এবং অত্যন্ত দুঃস্থিত পদার্থ বলে একে পৃথক করা সম্ভব হয় নি। কার্বনিক অ্যাসিড একটি দ্বি-প্রোটনীয় অ্যাসিড :

$$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO^-_3$$

$$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3''$$

প্রকৃতপক্ষে, CO_2 এর একটি ক্ষুদ্র অংশই অ্যাসিড হিসাবে থাকে এবং CO_2 এর জলীয় দ্রবনের সাম্যাবস্থা নিম্নের ভাবে প্রকাশ করা যায় :

$$CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO^-_3 \rightleftharpoons H^+ + CO_3''$$

H_2CO_3 দু'ধরনের লবণ উৎপন্ন করতে পারে :

(i) কার্বনেট : $CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$ (অতিরিক্ত NaOH).

(ii) হাইড্রোজেন কার্বনেট : $CO_2+NaOH=NaHCO_3$ (অতিরিক্ত CO_2).

হাইড্রোজেন কার্বনেট পুনরায় ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বনেট এবং কার্বনেট CO_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন কার্বনেট উৎপন্ন করে :

$$NaHCO_3+NaOH=Na_2CO_3+H_2O$$

$$Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3$$

(5) চুনের জলের ভিতর CO_2 চালনা করলে প্রথমে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হওয়ার জন্য চুনের জল ঘোলা হয়ে যায় এবং অতিরিক্ত CO_2 চালনা করলে দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হওয়ার জন্য চুনের জল পুনরায় স্বচ্ছ হয়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

$$CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$$

(6) লোহিত তপ্ত কার্বনদ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়ে যায়। $CO_2+C=2CO.$

(7) কার্বন ডাই-অক্সাইড বিষাক্ত নয়; প্রকৃতপক্ষে CO_2 এর আবহাওয়ায় অক্সিজেনের অভাবেই প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। CO_2 আবহাওয়ায় অসুস্থ প্রাণী অক্সিজেনের প্রভাবে সুস্থ হয়ে ওঠে এবং পুরানো অসুস্থতার কোন চিহ্ন থাকে না। উদ্ভিদ CO_2 গ্রহণ করে সূর্যালোকের প্রভাবে ক্লোরোফিলের সাহায্যে শর্করাজাতীয় পদার্থ উৎপন্ন করে এবং অক্সিজেন নির্গত করে: $6CO_2+5H_2O=C_6H_{10}O_5+6O_2$

আবার শ্বাসকার্যের সময় উদ্ভিদ ও প্রাণীজগত অক্সিজেন গ্রহণ করে CO_2 পরিত্যাগ করে। ফলে বায়ুতে CO_2 ও O_2 এর সমতা রক্ষা হয়।

অভীক্ষণ: (1) বর্ণহীন আম্লিক গন্ধ ও স্বাদযুক্ত গ্যাস, (2) অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ কে সবুজ বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে না, (3) চুনের জল ঘোলাটে করে, অতিরিক্ত গ্যাস প্রবাহ আবার ঘোলাটে চুনের জলকে স্বচ্ছ করে।

ব্যবহার: (1) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলে দ্রাব্যতা এবং চাপ বৃদ্ধির সাথে এই দ্রাব্যতা বৃদ্ধির উপর নির্ভর করে বাতান্বিত জল প্রস্তুত করা হয়, (2) দহনে সাহায্য করে না বলে অগ্নিনির্বাপক হিসাবে, (3) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড (শুষ্ক বরফ) হিমায়করূপে, (4) সোডিয়াম কার্বনেট, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, ইউরিয়া প্রস্তুতিতে।

কার্বন মনোক্সাইড

বায়ুমণ্ডলে কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব নাই বললেই হয়। আগ্নেয়গিরির গ্যাসে খুব কম পরিমাণে CO থাকে। কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাসে CO থাকে এবং সীমিত বায়ুতে কার্বন পুড়লে CO উৎপন্ন হয়।

CO একটি বিষাক্ত গ্যাস। প্রশ্বাসের সাথে CO গৃহীত হলে রক্ত কোষের হিমোগ্লোবিনের সাথে একটি সুস্থিত যৌগ কার্বক্সিহিমোগ্লোবিন উৎপন্ন হয় এবং হিমোগ্লোবিন আর অক্সিজেন নিয়ে দেহের কোষে কোষে ছড়িয়ে দিতে পারে না, ফলে অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে। বায়ুর 10,000 আয়তনে 1 আয়তন CO এর উপস্থিতি বিষাক্ততার লক্ষণ প্রকাশ করে এবং 800 আয়তন বায়ুতে 1 আয়তন CO 30 মিনিটের মধ্যে মৃত্যু ঘটাতে পারে।

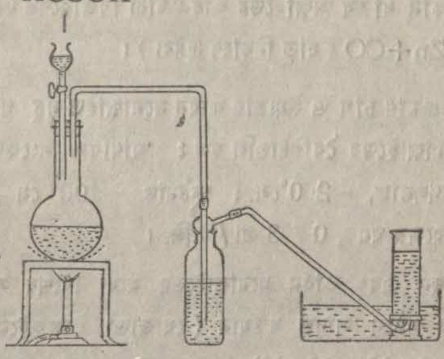
প্রস্তুতি: (1) ফরমিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড বা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। এইভাবে পরীক্ষাগারে CO প্রস্তুত করা হয়।

$$HCOOH+(H_2SO_4)=CO+H_2O+(H_2SO_4) \quad .... \quad .... \quad (1)$$

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array}+(H_2SO_4)=CO+CO_2+H_2O+(H_2SO_4) \quad ... \quad .... \quad (2)$$

$$K_4Fe(CN)_6+6H_2SO_4+6H_2O=2K_2SO_4+FeSO_4$$
$$+3(NH_4)_2SO_4+6CO \quad ... \quad .... \quad (3)$$

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : (i) বিন্দুপাতি ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এবং বিন্দুপাতি ফানেলে ফরমিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। গাঢ় H_2SO_4 কে 100° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে বিন্দুপাতি ফানেল থেকে বিন্দু বিন্দু করে ফরমিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে



চিত্র : B 4.2 কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে (সমী. 1)। উৎপন্ন CO এর সাথে সামান্য SO_2 ও CO_2 মিশ্রিত থাকে (CO কর্তৃক H_2SO_4 এর বিজারণের ফলে: $CO+H_2SO_4=CO_2+SO_2+H_2O$) বলে এই গ্যাসকে কষ্টিক পটাস বা কষ্টিক সোডাপূর্ণ গ্যাস ধাবকের ভিতর দিয়ে চালনা করে জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র B 4.2)। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক CO পেতে হলে এই গ্যাসকে ফসফরাস পেন্টক্সাইডের ভিতর দিয়ে চালনা করে পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এই বিক্রিয়ায় H_2SO_4 এর কোন পরিবর্তন হয় না—ইহা নিরুদকের কাজ করে। (ii) অনুরূপভাবে বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড ও গাঢ়

H_2SO_4 এর মিশ্রণ গোলতল ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করে যে CO ও CO_2 এর মিশ্রণ পাওয়া যায় (সমী. 2) সেই গ্যাস মিশ্রণ কষ্টিক পটাশ পূর্ণ গ্যাস ধাবকের ভিতর দিয়ে চালনা করলে CO_2 শোষিত হয় এবং উদ্ভূত CO ফসফরাস পেন্টক্সাইডের ভিতর দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

(2) কার্বন বা কার্বন যৌগের সীমিত অক্সিজেনে দহনের দ্বারা CO উৎপন্ন হয়: $2C+O_2=2CO$। বায়ু ব্যবহার করলে 1000°সে. উষ্ণতায় মুখ্যতঃ CO এবং N_2 এর মিশ্রণ পাওয়া যায় (প্রডিউসার গ্যাস)।

(3) লোহিত তপ্ত কয়লা বা কোকের সাথে স্টীমের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায় $C+H_2O=CO+H_2$; CO এবং H_2 এর মিশ্রণকে (প্রায় 50% CO থাকে) ওয়াটার গ্যাস বলে।

(4) কোন কোন ধাতব অক্সাইডের কার্বন দ্বারা বিজারণের ফলে CO উৎপন্ন হয়, যথা $ZnO+C=Zn+CO$ (ধাতু নিষ্কাষণ দ্রষ্টব্য)।

ধর্ম: (1) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কার্বন মনোক্সাইড মৃদু গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। কার্বন মনোক্সাইডের বৈশিষ্ট্যগুলি হল: আণবিক সংকেত, CO, আণবিক ওজন, 28·01 ; গলনাঙ্ক, −200°সে. ; স্ফুটনাঙ্ক, −190° সে. ; NTPতে ঘনত্ব, 1·25 গ্রা./লি. ; তরলের ঘনত্ব, 0·793 গ্রা./মি.লি.।

(2) নাইট্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে বিশেষ সাদৃশ্য লক্ষণীয়—দুটি গ্যাসেরই আণবিক গঠনে সাদৃশ্য বর্তমান (যোজ্যতা ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান):

$$:N:::N:\ (N\equiv N) \qquad :C:::O:\ (C\overset{\leftarrow}{=}O)$$

নাইট্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে ভৌত ধর্মে বিশেষ সাদৃশ্য আছে (বাষ্পীয় ঘনত্ব, জলে দ্রাব্যতা, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক দ্রষ্টব্য)।

(3) CO একটি অতি সুস্থিত পদার্থ এবং শুষ্কাবস্থায় বহুক্ষণ তড়িৎ স্ফুলিংগের চালনার ফলেও বিশেষ বিয়োজন ঘটে না।

(4) কার্বন মনোক্সাইড অপরের দহনে সাহায্য করে না, কিন্তু নিজে দাহ্য। অক্সিজেন বা বায়ুতে ইহা নীলাভ শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং এই বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ নির্গত হয়—এইজন্য কার্বন মনোক্সাইড (ওয়াটার গ্যাস, কোল গ্যাসে উপস্থিত CO) তাপ উৎপাদনে (জ্বালানী হিসাবে) ব্যবহৃত হয়।

$$2CO+O_2=2CO_2, \quad \Delta H=-135{\cdot}2 \text{ কি. ক্যাল।}$$

(5) যদিও CO কে ফরমিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড হিসাবে ধরা যেতে পারে CO জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং জলের সাথে বিক্রিয়া করে না।

(6) কার্বন মনোক্সাইডকে প্রশম অক্সাইড হিসাবে গণ্য করা হলেও কঠিন বা গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় (200° সে. উষ্ণতায় এবং অতিরিক্ত চাপে) ফরমেট উৎপন্ন করে : $CO+NaOH=HCOONa$.

(7) কার্বন মনোক্সাইডে কার্বনের জারণ-সংখ্যা +2, সুতরাং CO বিক্রিয়া করে অধিকতর সুস্থিত কার্বনের +4 জারণ-সংখ্যাযুক্ত যৌগে-পরিণত হয়। ফলে CO যুত-যৌগ উৎপন্ন করে।

(i) $CO+Cl_2 \longrightarrow COCl_2$ (সূর্যালোক বা চারকোল অনুঘটকের প্রভাবে)
(ফসজিন বা কার্বনিল ক্লোরাইড—অতি বিষাক্ত গ্যাস)

(ii) $CO+S \longrightarrow COS$ (উচ্চ উষ্ণতায়)
(কার্বনিল সালফাইড)

(iii) কার্বন মনোক্সাইড অনেক ধাতু বিশেষতঃ, গ্রুপ VIII-এর ধাতুর সাথে যুক্ত হয়ে ধাতব কার্বনিল উৎপন্ন করে ; যথা,

$$Ni+4CO \longrightarrow Ni(CO)_4$$ (নিকেল কার্বনিল)

(8) কার্বন মনোক্সাইড একটি বিজারক পদার্থ এবং অনেক উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে—এই বিক্রিয়া ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়। $CuO+CO=Cu+CO_2$; $PbO+CO=Pb+CO_2$। বস পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে CO বিজারকরূপে কাজ করে।

(9) উপযুক্ত প্রভাবকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে মিথাইল অ্যালকোহল এবং অনেক ধরণের জৈব যৌগ উৎপন্ন করে।

(i) H_2 ও CO-এর মিশ্রণ 300° সে. উষ্ণতায় নিকেল অনুঘটকের উপর চালনা করলে মিথেন উৎপন্ন হয় :

$$CO+3H_2=CH_4+H_2O$$

(ii) $CO+2H_2=CH_3OH$ (CuO, ZnO, Cr_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে 300° সে. উষ্ণতায় 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে)।

(10) অ্যামোনায়িত কিউপ্রাস ক্লোরাইড বা কিউপ্রাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে CO শোষিত হয়।

$$Cu_2Cl_2+2CO+4H_2O=2[CuCl, CO, 2H_2O]$$ (যুত-যৌগ)

অভীক্ষণ : (i) বর্ণহীন মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয় ; (ii) বায়ুতে নীলাভ শিখায় জলে এবং CO_2 উৎপন্ন করে ; (iii) রক্তের লঘু জলীয় দ্রবণ CO সহযোগে ঝাঁকানোর পর রক্তের বর্ণালী গ্রহণ করা হয়—বিশিষ্টপট বর্ণালী (Band spectrum) রক্তে CO-এর অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

ব্যবহার : CO-এর প্রয়োজনীয় ব্যবহারগুলি হল : (1) কার্বন মনোক্সাইড অনেক গ্যাসীয় জ্বালানী যেমন, ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস ইত্যাদির প্রয়োজনীয় উপাদান এবং CO এইসব জ্বালানী গ্যাসে জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয় ; (2) বিজারকরূপে ; (3) নিকেল নিষ্কাশনে ; (4) মিথাইল অ্যালকোহল, সংশ্লেষিত তরল জ্বালানী ইত্যাদি উৎপাদনে।

সিলিকন ডাই-অক্সাইড (সিলিকা) SiO_2

1. সিলিকন ডাই-অক্সাইড প্রকৃতিতে তিনটি বিভিন্ন স্ফটিকাকার অবস্থায় পাওয়া যায়—কোয়ার্জ, ট্রাইডিমাইট ও ক্রিসটোবেলাইট। কোয়ার্জ প্রকৃতিতে বিভিন্ন প্রকারভেদে পাওয়া যায়। যেমন, স্ফটিক পাথর (rock crystal)—স্বচ্ছ বর্ণহীন স্ফটিক (অপটিকাল যন্ত্রাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়) ; ধোঁয়াটে কোয়ার্জ (smoky quartz)—গাঢ় বাদামী ; রোজ কোয়ার্জ (rose quartz)—পিংক ; অ্যামেথিস্ট (Amethyst)—বেগুনী (মূল্যবান রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়) ; ইত্যাদি। বালু কোয়ার্জ দ্বারা গঠিত। কোয়ার্জ পাথরের আবহাওয়াজনিত ভগ্নতার ফলে এবং জল প্রবাহের দ্বারা চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়ে ছোট ছোট বালুকণার উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধতমবালু সাদা। ফেরিক অক্সাইড ইত্যাদি বিজাতীয় পদার্থ মিশে থাকার ফলে বালু প্রায়শঃই বাদামী বা ধূসর বর্ণের হয়।

2. অনিয়তাকারে সিলিকা ওপাল (মূল্যবান রত্নহিসাবে ব্যবহৃত হয়), অ্যাগেট, হেলিওট্রোপ, ফ্লিণ্ট ইত্যাদি হিসাবে পাওয়া যায়। কিছু উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহেও সিলিকা আছে। অধুনালুপ্ত অতিক্ষুদ্র উদ্ভিদের দেহাবশিষ্ট থেকে উৎপন্ন কাইজেলগুড় (kiesel-guhr) প্রায় বিশুদ্ধ সিলিকা দিয়ে গঠিত। অত্যন্ত সছিদ্র কাইজেলগুড়ের বিভিন্ন তরল শোষণের ক্ষমতা খুব বেশী। কাইজেলগুড়ে নাইট্রোগ্লিসারিণ শোষণ করিয়ে ডিনামাইট প্রস্তুত করা হয়।

3. **বিশুদ্ধ অনিয়তাকার সিলিকা প্রস্তুতি :** একটি প্ল্যাটিনাম মুচিতে কোন ধাতব সিলিকেট খনিজকে অতিরিক্ত বিচূর্ণ সোডিয়াম কার্বনেট সহ বিগলিত করলে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। এই অবশেষকে শীতল করে HCl দিয়ে ফোটালে সিলিসিক অ্যাসিড (সোদক সিলিকা) অধঃক্ষিপ্ত হয়। সমগ্র মিশ্রণকে জলগাহে উত্তপ্ত করে শুষ্ক করে শুষ্ক অবশেষকে ফুটন্ত HCl দিয়ে ধৌত করা হয় যতক্ষণ না আয়রন সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয় এবং তারপর ফুটন্ত জল দিয়ে ধৌত করা হয় যতক্ষণ না ক্লোরাইড মুক্ত হয়। শেষে এই অবশেষকে প্ল্যাটিনাম ডিসে লোহিততপ্ত করলে সাদা গুঁড়া হিসাবে অনিয়তাকার সিলিকা পাওয়া যায়।

$$MSiO_3+Na_2CO_3=Na_2SiO_3+MCO_3$$

[M=কোন দ্বিযোজী ধাতব মৌল যেমন, Mg, Ca ইত্যাদি]

$$Na_2SiO_3+2HCl=2NaCl+H_2SiO_3\ ;\ H_2SiO_3=H_2O+SiO_2.$$

4. **সিলিকন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম :** (i) সাধারণ উষ্ণতায় সিলিকা H_2, Cl_2, Br_2, প্রায় সব অ্যাসিড এবং ধাতুর দ্বারা অনাক্রান্ত থাকে। সিলিকা জলে অদ্রাব্য। কেবল হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড সিলিকাকে দ্রবীভূত করে :

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O$$

(সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড)

(ii) সিলিকা একটি আম্লিক অক্সাইড। উচ্চ উষ্ণতায় সিলিকা ক্ষারকীয় অক্সাইড, কার্বনেট ইত্যাদির সাথে বিক্রিয়া করে সিলিকেট উৎপন্ন করে। (a) সিলিকা এবং Na_2CO_3 উত্তাপে বিগলিত করলে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

$$SiO_2+Na_2CO_3=Na_2SiO_3+CO_2$$

(b) সিলিকা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে ফোটালে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয় : $SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O$

(iii) উচ্চ উষ্ণতায় সিলিকা কার্বন এবং কয়েকটি ধাতু দ্বারা বিজারিত হয় (সিলিকন প্রস্তুতির পদ্ধতি) :

$$SiO_2+2C=Si+2CO$$

$$\left.\begin{array}{l}SiO_2+2Mg=Si+2MgO\\ SiO_2+4Mg=Mg_2Si+2MgO\end{array}\right\}\text{ (পার্শ্ব বিক্রিয়া)}$$

(iv) সিলিকা এবং কোকের মিশ্রণ ক্লোরিনের প্রবাহে শ্বেততপ্ত করলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড (বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল) উৎপন্ন হয়:

$$SiO_2+2C+2Cl_2=SiCl_4+2CO$$

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড জল দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে অর্থো-সিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে: $SiCl_4+4H_2O=H_4SiO_4+4HCl$.

উৎপন্ন অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড শুষ্ক করে পোড়ালে অনিয়তাকার সিলিকা উৎপন্ন হয়: $H_4SiO_4=2H_2O+SiO_2$.

(v) অনুদ্বায়ী বলে উচ্চ উষ্ণতায় সিলিকা লবণ থেকে উদ্বায়ী অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডকে প্রতিস্থাপিত করে। যেমন, $Na_2SO_4+SiO_2=Na_2SiO_3+SO_3$.

5. **ব্যবহার:** কোয়ার্জের বিভিন্ন প্রকারভেদ বিভিন্ন প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। স্ফটিক পাথর, চশমার কাচ এবং অপটিকাল যন্ত্রাদির লেন্স ও প্রিজম প্রস্তুত করতে, অ্যামেথিস্ট ও অন্যান্য বিভিন্ন প্রকারের স্বচ্ছ রঙীন কোয়ার্জ মূল্যবান রত্ন হিসাবে, বালু-কাচ, পোর্সেলিন, মুচি, সিলিকা ইস্টক প্রস্তুতিতে এবং সিমেন্টের সাথে মিশ্রিত অবস্থায় দালান গাঁথার মশলায় ব্যবহৃত হয়। অ্যাগেট তুলাদণ্ডে, মুচি প্রস্তুত করতে এবং ডিনামাইট প্রস্তুতিতে নাইট্রোগ্লিসারিনের শোষক হিসাবে কাইজেল গুড় ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

নাইট্রাস অক্সাইড, N_2O

প্রস্তুতি: (1) পরীক্ষাগারপদ্ধতি: অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়: $NH_4NO_3=N_2O+2H_2O$. 200° সে. উষ্ণতার নিম্নেই অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিযোজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে, কিন্তু 250° সে. উষ্ণতায় এই বিযোজন এত দ্রুত হয় যে বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে। সুতরাং, প্রস্তুতির সময় অধিক উষ্ণতায় যাতে উত্তপ্ত না করা হয় সেই সতর্কতা অবলম্বন করা হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ নিয়ে উত্তপ্ত করেও বিস্ফোরণের বিপদ এড়ানো যায়।

$$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3=Na_2SO_4+4H_2O+2N_2O$$

কর্ক ও নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট নিয়ে ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর রেখে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। 200° সে. উষ্ণতায়

কাছাকাছি অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গলে যায় এবং বিযোজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড গরমজল (শীতল জলে N_2O বেশ দ্রাব্য) বা পারদের অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। [উৎপন্ন গ্যাস $NaOH$ দ্রবণ (NO_2 দূরীভূত হয়), $FeSO_4$ দ্রবণ (NO দূরীভূত হয়) ও গাঢ় H_2SO_4-এর (জলীয় বাষ্প দূরীভূত হয়) ভিতর দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পারদের উপর সংগ্রহ করা যায়।]

(2) **অন্যান্য পদ্ধতি :** নিম্নের বিক্রিয়াগুলির দ্বারাও নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় :

(i) $2NO+SO_2+H_2O=H_2SO_4+N_2O$

(ii) $4Zn+10HNO_3$ (লঘু) $=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$

(iii) $2HNO_3+4SnCl_2+8HCl=4SnCl_4+5H_2O+N_2O$

(iv) $NH_2OH.HCl + NaNO_2=NaCl+2H_2O+N_2O$

(হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড) (বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়)

ধর্ম ঃ (1) **ভৌতধর্ম :** সাধারণ অবস্থায় নাইট্রাস অক্সাইড মৃদুগন্ধ ও মিষ্টস্বাদযুক্ত ; বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী ; বর্ণহীন একটি গ্যাসীয় পদার্থ। N_2O শীতল জলে বেশ দ্রাব্য—জলীয় দ্রবণের উপর লিটমাসের কোন ক্রিয়া নাই ; ইহা একটি প্রশম অক্সাইড। ইথাইল অ্যালকোহলেও N_2O দ্রাব্য, কিন্তু গরমজলে প্রায় অদ্রাব্য।

(2) N_2O নিজে জ্বলে না, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে (অক্সিজেনের সাথে সাদৃশ্য)। উত্তাপে (600° সে. উষ্ণতায়) N_2O বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যে গ্যাস মিশ্রণ উৎপন্ন করে তার 1/3 অংশ হল অক্সিজেন (বায়ুর 1/5 অংশ হল অক্সিজেন) : $2N_2O=2N_2+O_2$। এই অক্সিজেনই দহনে সাহায্য করে এবং বায়ু অপেক্ষা N_2O এ দহন অধিকতর তীব্রতার সাথে ঘটে।

(i) একটি শিখাহীন প্রদীপ্ত পাটকাঠি নাইট্রাস অক্সাইডে উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলে উঠে।

(ii) জ্বলন্ত কার্বন, ফসফরাস, সালফার এবং উত্তপ্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লোহার তার নাইট্রাস অক্সাইডে উজ্জ্বলভাবে জ্বলে উঠে (অক্সাইড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়)।

$C+2N_2O=CO_2+2N_2$; $4P+10N_2O=2P_2O_5+10N_2$;

$S+2N_2O=SO_2+2N_2$; $2Na+N_2O=N_2+Na_2O$ ইত্যাদি।

(3) প্রশ্বাসের সাথে অল্প পরিমাণে গ্রহণ করলে নাইট্রাস অক্সাইড হাসির উদ্রেক করে—এইজন্য N_2O 'লাফিং গ্যাস' নামে পরিচিত। অতিরিক্ত পরিমাণে N_2O গ্রহণ করলে মানুষ অজ্ঞান হয়ে পড়ে এবং শেষে মৃত্যু হতে পারে।

নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের মধ্যে পার্থক্য : N_2O এর **অভীক্ষণ :** উভয়েই বর্ণহীন গ্যাস ; জলে দ্রাব্য ; নিজেরা দাহ্য নয়, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে। পার্থক্য হল (1) N_2O এর মৃদু গন্ধ ও মিষ্ট স্বাদ আছে, অক্সিজেনের নাই ; (2) N_2O হাসির উদ্রেক করে, অক্সিজেন করে না ; (3) অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়ায় লাল বর্ণের গ্যাস NO_2 উৎপন্ন করে—নাইট্রাস অক্সাইড করে না ; (4) N_2O ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না—অক্সিজেন হয়।

ব্যবহার : বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড শতকরা 10 ভাগ অক্সিজেনের সাথে মিশিয়ে ছোটখাট শল্য কার্যে (surgical operation) চেতনা নাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

সংকেত : নাইট্রাস অক্সাইডের বিযোজনের ফলে একই চাপ ও উষ্ণতায় 2 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড থেকে 2 আয়তন নাইট্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। তাহলে, $2N_xO_y = 2N_2 + O_2$—অর্থাৎ, $x=2$, $y=1$; তাহলে নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত হল N_2O। (নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22—সুতরাং আণবিক ওজন 44 এই সংকেত কে সমর্থন করে)।

নাইট্রিক অক্সাইড, NO

বিদ্যুৎপাতের সময় বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন থেকে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বছরে প্রায় 40 মিলিয়ন টন নাইট্রোজেন এইভাবে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

প্রস্তুতি : (1) **পরীক্ষাগার প্রস্তুতি :** কপারের ছিলার সাথে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের (1 : 1) বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি দু'মুখ বিশিষ্ট উলফ—বোতলের মধ্যে কপারের ছিলা নিয়ে ফানেল দিয়ে (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালা হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড প্রথমে উলফ—বোতলের ভিতরস্থ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে লালাভ বাদামী বর্ণের NO_2 উৎপন্ন করে। সমস্ত লাল গ্যাস বার হয়ে যাবার পর বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র···হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)।

এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অক্সাইড বিশুদ্ধ নয়। উৎপন্ন গ্যাসকে শীতল সংপৃক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণের ভিতর চালনা করলে প্রায় কালো বর্ণের তরল ($FeSO_4$, NO উৎপন্ন হয়) পাওয়া যায়। এই তরলকে উত্তপ্ত করলে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। এই গ্যাস গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্য দিয়ে চালনা করে শুষ্ক নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(2) **প্রস্তুতির অন্যান্য বিক্রিয়া :** (i) পটাসিয়াম নাইট্রেট, ফেরাস সালফেট এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$6FeSO_4+2KNO_3+4H_2SO_4$$
$$=3Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+4H_2O+2NO$$

(ii) $3FeCl_2+NaNO_3+4HCl=3FeCl_3+NaCl+2H_2O+NO$

(iii) $2NaNO_2+2KI+4HCl=2NaCl+2KCl+I_2+2H_2O+2NO$

(iv) পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4 এর দ্রবণে পারদ যোগ করে ঝাঁকালে অতি বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$2KNO_3+4H_2SO_4+6Hg=K_2SO_4+3Hg_2SO_4+2NO+4H_2O$$

(v) অনুঘটক ঘটিত অ্যামোনিয়ার জারণ (অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

(vi) আর্ক পদ্ধতি : $N_2+O_2 \xrightarrow{\text{বৈদ্যুতিক আর্ক}} 2NO\ (5\%)$

ধর্ম : (1) ভৌত ধর্ম : সাধারণ অবস্থায় নাইট্রিক অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ, গলনাঙ্ক $-163{\cdot}6°$ সে., স্ফুটনাঙ্ক $-151{\cdot}8°$ সে.। বায়ু থেকে সামান্য ভারী এই গ্যাস জলে অত্যল্প দ্রাব্য। নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড।

(2) নাইট্রিক অক্সাইড নিজে জ্বলে না। 1000° সে. উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হয় : $2NO=N_2+O_2$—উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের অর্ধেক অক্সিজেন। সুতরাং, যদিও সাধারণতঃ NO দহনে সাহায্য করে না, কিন্তু নাইট্রিক অক্সাইডে দহন শুরু হলে এই দহন নাইট্রাস অক্সাইডে দহন অপেক্ষা তীব্রভাবে ঘটে। প্রোজ্জ্বলভাবে জ্বলন্ত ফসফরাস বা ফুটন্ত সালফারের তাপে নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হয়, তাই এদের দহন নাইট্রিক অক্সাইডে হয়।

$$4P+10NO=2P_2O_5+5N_2$$

(3) NO স্বতঃস্ফূর্তভাবে অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে লালাভ বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে : $2NO+O_2=2NO_2$; এই বিক্রিয়ার সাহায্যে NO সনাক্ত করা যায়।

(4) চারকোলের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয়ে NO নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $2NO+Cl_2=2NOCl$.

(5) ফেরাস সালফেট দ্রবণে সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় বাদামী বর্ণের তরল উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে নাইট্রিক অক্সাইডের সাথে ফেরাস সালফেটের বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের $FeSO_4$, NO (একটি জটিল যৌগ) উৎপন্ন হয়। এই পদার্থটি দুঃস্থিত এবং উত্তাপে বিযোজিত হয়ে পুনরায় NO উৎপন্ন করে। এইভাবে NO কে বিশুদ্ধ করা হয় (পরীক্ষাগার প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)।

$$FeSO_4+NO \rightleftharpoons Fe(NO)SO_4 \; ; \; Fe(NO)SO_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} FeSO_4+NO$$

(6) প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে NO কে হাইড্রোজেনের সাথে উত্তপ্ত করলে NO অ্যামোনিয়ায় বিজারিত হয় : $2NO+5H_2=2NH_3+2H_2O$

(7) **জারণ ধর্ম :** নাইট্রিক অক্সাইড উত্তপ্ত ধাতু যথা, Na, K, Fe, Cu, Ni কে ধাতব অক্সাইডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেনে বিজারিত হয় :

$$2NO+2Cu=N_2+2CuO$$

(8) **বিজারণ ধর্ম :** শক্তিশালী জারকদ্রব্যের সাথে বিক্রিয়ায় NO বিজারক-রূপে কাজ করে। অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে ম্যাঙ্গানাস সালফেটে বিজারিত হয়ে বর্ণহীন হয়ে যায়—সাথে পটাসিয়াম সালফেট ও জল উৎপন্ন হয়।

$$6KMnO_4+9H_2SO_4+10NO=3K_2SO_4+6MnSO_4+10HNO_3+4H_2O.$$

ডাইনাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, N_2O_3

প্রস্তুতি : লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড আরসেনিয়াস অক্সাইড বা স্টার্চ সহযোগে পাতন করলে যে লাল বাষ্প উৎপন্ন হয় তাকে বরফ ও লবণের হিমমিশ্রে শীতল করলে গাঢ় নীল বর্ণের উদ্বায়ী তরল ডাইনাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$As_2O_3+2HNO_3+2H_2O=N_2O_3+2H_3AsO_4$$

ধর্ম : (1) এই অক্সাইডটি সম্ভবতঃ খুব কম উষ্ণতায় কঠিন হিসাবে N_2O_3 অবস্থায় থাকে। তরল অবস্থায় অংশতঃ এবং গ্যাসীয় অবস্থায় সাধারণ উষ্ণতায় অনেকাংশে নাইট্রিক অক্সাইড ও লালাভ-বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়ে থাকে : $N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$; $-20°$ সে. উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সম আণবিক মিশ্রণ নীল তরল হিসাবে এই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(2) জলের সাথে N_2O_3 নাইট্রাস অ্যাসিড এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে। সুতরাং এই অক্সাইডকে নাইট্রাস অ্যাসিডের অ্যান-হাইড্রাইডরূপে গণ্য করা যায় :

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2 \; ; \; N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O.$$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও টেট্রক্সাইড

প্রস্তুতি : (1) **পরীক্ষাগার প্রস্তুতি :** লেড নাইট্রেটের তাপ-বিযোজনের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের গ্যাসমিশ্রণ থেকে অক্সিজেন দূরীভূত করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

কর্ক ও নির্গমনলযুক্ত একটি মোটা ও শক্ত কাচের নলে শুষ্ক লেড নাইট্রেটের গুড়া উত্তপ্ত করা হয় এবং উদ্ভূত লাল বর্ণের গ্যাসমিশ্রণ লবণ ও বরফের হিমমিশ্রে শীতলীকৃত U-আকৃতির নলের ভিতর দিয়ে চালনা করা হয়। নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড ফিকে হলুদ বর্ণের তরল হিসাবে U-নলে সঞ্চিত হয় এবং অক্সিজেন বার হয়ে যায়।

(2) **প্রস্তুতির অন্য বিক্রিয়া :** (i) $2NO + O_2 = 2NO_2$;

(ii) $Cu + 4HNO_3$ (গাঢ়) $= Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O.$

ধর্ম : (1) কঠিন অবস্থায় এই পদার্থটি বর্ণহীন কেলাসীয় পদার্থ এবং মনে হয় সম্পূর্ণতঃ N_2O_4 (N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু NO_2 অণুগুলি লালাভ বাদামী বর্ণের)। তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থায় এই পদার্থটির লালাভ-বাদামী বর্ণ NO_2 এর উপস্থিতি জ্ঞাপক, উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে NO_2 এর পরিমাণও বাড়ে। সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে এই পদার্থটি লালাভ-বাদামী বর্ণের একটি বিষাক্ত গ্যাস, $-9°$ সে. উষ্ণতায় বর্ণহীন কেলাসে পরিণত হয়। উষ্ণতা বাড়ালে কঠিন পদার্থটি হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয় এবং $22°$ সে. উষ্ণতায় ইহা লালাভ-বাদামী বর্ণের গ্যাসে পরিণত হয়।

27° সে. উষ্ণতায় 20% টেট্রক্সাইড ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়, 100° সে. উষ্ণতায় প্রায় 90%ই ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়, 140° সে. উষ্ণতায় N_2O_4 অণুসমূহ সম্পূর্ণতঃ NO_2তে বিয়োজিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে লালাভ-বাদামী বর্ণ আবার ফিকে হয়ে আসে (NO_2 বিয়োজিত হয়ে NO ও O_2 উৎপন্ন করে) এবং 620° সে. উষ্ণতায় সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে গ্যাসটি বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$\underset{(\text{কঠিন})}{N_2O_4} \overset{-9^\circ \text{ সে.}}{\rightleftarrows} \underset{(\text{তরল})}{N_2O_4} \overset{22^\circ \text{ সে.}}{\rightleftarrows} \underset{(\text{গ্যাস})}{N_2O_4} \overset{140^\circ \text{ সে.}}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \overset{620^\circ \text{ সে.}}{\rightleftharpoons} 2NO+O_2$$

(2) গ্যাসটি নিজে জলে না বা সাধারণতঃ অপরের দহনে সাহায্য করে না। প্রচণ্ডভাবে প্রজ্জ্বলিত ফসফরাস এবং কার্বন, এবং উত্তপ্ত Na এই গ্যাসে জ্বলতে থাকে। পটাসিয়াম এই গ্যাসে প্রজ্জ্বলিত হয়।

$$K+2NO_2=KNO_3+NO$$

(3) (i) জলে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে, সেইজন্য ইহাকে ঐ দুটি অ্যাসিডের মিশ্রনিরুদক বলে।

$$2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$$

নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে ভেঙ্গে যায় :

$$3HNO_2=HNO_3+H_2O+2NO$$

(ii) ক্ষারের সাথে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের মিশ্রণ উৎপন্ন করে :

$$2NO_2+2NaOH=NaNO_3+NaNO_2+H_2O$$

(4) **জারণ ধর্ম :** সাধারণ উষ্ণতায় CO কে CO_2এ জারিত করে এবং H_2S থেকে সালফার মুক্ত করে :

$$NO_2+CO=NO+CO_2 \; ; \; NO_2+H_2S=NO+H_2O+S.$$

পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে বেগুনী বর্ণের আয়োডিন নির্গত করে : $2KI+NO_2+H_2O=2KOH+NO+I_2$; উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামের উপর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালনা করলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $2NO_2+7H_2=2NH_3+4H_2O.$

উজ্জ্বল লোহিত তপ্ত কপারের উপর চালনা করলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$4Cu+2NO_2=4CuO+N_2$$

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে (i) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব এবং (ii) গ্যাসটির সংযুতি নির্ণয় করা করা যায়।

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড, N_2O_5

প্রস্তুতি : ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সাহায্যে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদন দ্বারা নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+2HPO_3$$

একটি বকযন্ত্রে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড নিয়ে হিম মিশ্রে শীতল করা হয় এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডে যোগ করা হয়। মিশ্রণটিকে ধীরে ধীরে পাতিত করা হয় এবং বরফ দ্বারা শীতলীকৃত গ্রাহকে বর্ণহীন কেলাস হিসাবে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম : (1) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড 0° সে. উষ্ণতার নীচে সুস্থিত জলাকর্ষী-কেলাসীয় পদার্থ। নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়, 29·5° সে. উষ্ণতায় বিযোজন সহ গলে গাঢ় বাদামী বর্ণের তরল উৎপন্ন করে এবং 50° সে. উষ্ণতায় NO_2 ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় : $2N_2O_5=4NO_2+O_2$.

(2) জলে হিসহিস শব্দ সহ দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $N_2O_5+H_2O=2HNO_3$। সুতরাং ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড।

ফসফরাসের অক্সাইডসমূহ

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, P_2O_3 (বা P_4O_6)

প্রস্তুতি : সীমিত বায়ুপ্রবাহে ফসফরাসের দহনের দ্বারা ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$P_4+3O_2=2P_2O_3$$

সাদা ফসফরাসকে বায়ুপ্রবাহে দহন করা হয় এবং ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের সাথে উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্টক্সাইডকে কাচের উলের সাহায্যে ছেঁকে পৃথক করবার পর ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বাষ্প শীতল করে কঠিন ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

ধর্ম : (1) বিশুদ্ধ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ঝাঁঝালো অম্ল গন্ধ যুক্ত (বিষাক্ত) বর্ণহীন কেলাসীয় কঠিন পদার্থ, গলনাঙ্ক 23·8° সে., স্ফুটনাঙ্ক 173·1° সে।

(2) বাষ্পীয় ঘনত্ব থেকে এর সংকেত পাওয়া যায় P_4O_6।

(3) অক্সিজেনে বা বায়ুতে জারিত হয়ে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে।

(4) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড শীতল জলে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়ে ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$। ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড ফসফরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড।

গরমজলের সাথে বিক্রিয়ায় ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ

$$2P_2O_3+6H_2O=PH_3+3H_3PO_4$$

ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, P_2O_5 (বা P_4O_{10})

প্রস্তুতি ঃ অতিরিক্ত শুষ্ক বায়ু বা অক্সিজেনে ফসফরাসের দহনের দ্বারা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুত করা হয় : $P_4+5O_2=2P_2O_5$

ধর্ম ঃ (1) ফসফরাস পেণ্টাক্সাইড একটি সাদা জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের জলের প্রতি তীব্র আসক্তি আছে। বায়ুর সংস্পর্শে ইহা আর্দ্র হয়ে যায় এবং বিভিন্ন গ্যাস থেকে জলীয় বাষ্প নিঃশেষভাবে শুষে নেয়। ফলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড একটি শক্তিশালী নিরুদক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা সালফিউরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদনের দ্বারা অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে।

$H_2SO_4+P_2O_5=2HPO_3+SO_3$; $2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5$.

(2) বাষ্পীয় ঘনত্ব থেকে দেখা যায় এর সংকেত P_4O_{10}।

(3) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড। শীতল জলের সাথে হিসহিস শব্দ সহকারে বিক্রিয়া করে এবং মেটাফসফরিক অ্যাসিড পৃথক হয়ে যায় ঃ

$$P_2O_5+H_2O=2HPO_3$$

ফুটন্ত জলের সাথে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

সালফারের অক্সাইড সমূহ

সালফার ডাই-অক্সাইড, SO_2

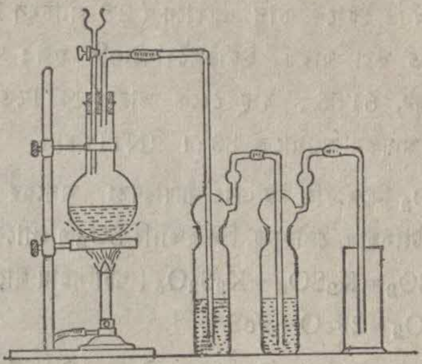
প্রস্তুতি ঃ (1) বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর দ্বারা উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণের দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : কপারের সাথে উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

পরীক্ষা ঃ দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে কপারের ছিলা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। দীর্ঘনল ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে এবং নির্গমনলটি গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ গ্যাস ধাবকের সাথে যুক্ত

করা হয়। ফ্লাস্কটি একটি তারজালির উপর রেখে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিড কপার দ্বারা বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং উদ্ভূত সালফার ডাই-অক্সাইড গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ গ্যাস ধাবকের সাহায্যে ধৌত করে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (SO_2 বায়ু থেকে ভারী কিন্তু জলে দ্রাব্য ; সুতরাং এইভাবে সংগ্রহ করা হয়) [চিত্র B 4.3]।



চিত্র B 4.3

অন্য কয়েকটি বিক্রিয়া : পারদ, সিলভার, সালফার বা চারকোল দ্বারা ও গাঢ় উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত করে SO_2 প্রস্তুত করা যায় :

$$Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$$
$$2Ag+2H_2SO_4=Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$$
$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$
$$C+2H_2SO_4=2SO_2+CO_2+2H_2O$$

(2) কোন সালফাইট বা হাইড্রোজেন সালফাইটের উপর অ্যাসিডের ক্রিয়ায় : সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইটের গাঢ় দ্রবণের উপর বিন্দু বিন্দু করে গাঢ় H_2SO_4 ফেললে সাধারণ উষ্ণতায় SO_2 উৎপন্ন হয় :

$$NaHSO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+SO_2+H_2O$$

(3) বায়ুতে বা অক্সিজেনে সালফারের দহন দ্বারা বা আয়রণ পাইরাইটিসের তাপজারণের দ্বারা শিল্প পদ্ধতিতে SO_2 প্রস্তুত করা হয় :

$$S+O_2=SO_2\ ;\ 4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2.$$

অনেক সালফাইড খনিজ থেকে ধাতু নিষ্কাশন কালে সালফাইড খনিজের তাপজারণ পদ্ধতির সময় উপজাত হিসাবে SO_2 পাওয়া যায় :

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\ ;\ HgS+O_2=Hg+SO_2.$$

ধর্ম : (1) সালফার ডাই-অক্সাইড শ্বাসরোধকারী তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি গ্যাসীয় পদার্থ। ইহাকে চাপ প্রয়োগে (2·5 অ্যাটমস্ 15° সে. উষ্ণতায়) সহজেই তরলে পরিণত করা যায়। ইহার বৈশিষ্ট্যগুলি হল : আনবিক সংকেত, SO_2 ; আনবিক ওজন, 64·06 , বায়ু থেকে ভারী (NTPতে ঘনত্ব 2·86 গ্রা./লিটার) ; জলে দ্রাব্যতা আয়তন অনুপাতে, 80 : ১ (NTPতে)।

(2) SO_2 নিজে দাহ্য নয় এবং সাধারণতঃ অপরের দহনে সাহায্য করে না। তবে উত্তপ্ত পটাসিয়াম, লৌহচুর, টিন ইত্যাদি SO_2এ পোড়ে।

$4K+3SO_2=K_2SO_3+K_2S_2O_3$ (পটাসিয়াম থায়োসালফেট)

$3Fe+SO_2=2FeO+FeS$

(3) উচ্চ উষ্ণতায় এবং উপযুক্ত অনুঘটকের (Pt) উপস্থিতিতে SO_2 অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2SO_2+O_2=2SO_3$. ওজোন দ্বারাও SO_2 জারিত হয়ে SO_3 উৎপন্ন করে : $3SO_2+O_3=3SO_3$.

(4) SO_2 একটি আম্লিক অক্সাইড। জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণেই সালফিউরাস অ্যাসিডের অস্তিত্ব আছে, বিশুদ্ধ সালফিউরাস অ্যাসিড পাওয়া যায় না। $SO_2+H_2O=H_2SO_3$.

এই জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে SO_2 বার হয়ে আসে :

$$H_2SO_3=SO_2+H_2O.$$

(5) চুনের জলের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্নের ফলে চুনের জল ঘোলা হয়ে যায়। অতিরিক্ত পরিমাণ SO_2 চালনা করলে দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট উৎপন্নের ফলে চুনের জল পুনরায় স্বচ্ছ হয়ে যায় (CO_2 এর সাথে তুলনীয়)।

$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$$

$$CaSO_3+H_2O+SO_2=Ca(HSO_3)_2$$

(6) **বিজারণ ধর্ম :** সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। বিজারণ কালে SO_2 জারিত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। (SO_2 দ্বারা বিজারণের সময় জলের উপস্থিতি প্রয়োজন)।

(i) হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় হ্যালোজেন বিজারিত হয়ে হ্যালাইড উৎপন্ন করে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$X_2+SO_2+2H_2O=2HX+H_2SO_4 \ (X=Cl, Br \text{ বা } I)$$

(ii) ফেরিক লবণ SO_2 দ্বারা বিজারিত হয়ে ফেরাস লবণে পরিণত হয় :

$$2\,FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$$

(iii) সালফার ডাই-অক্সাইড অম্লায়িত কমলাভ-হলুদ পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে বিজারিত করে সবুজ ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন করে :

$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+3SO_2=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

অনুরূপভাবে SO_2 পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী দ্রবণ বর্ণহীন করে দেয়—পারম্যাঙ্গানেট ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হয়ে যায় :

$$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$

(iv) বিজারণের অন্য উদাহরণ :

(a) $H_2O_2+H_2SO_3=H_2O+H_2SO_4$;

(b) $2KIO_3+5SO_2+4H_2O=I_2+3H_2SO_4+2KHSO_4$.

অতিরিক্ত SO_2 আয়োডিনকে বর্ণহীন করে :

$$I_2+SO_2+2H_2O=2HI+H_2SO_4$$

(v) জলের উপস্থিতিতে SO_2 বিরঞ্জক গুণসম্পন্ন। জলের অনুপস্থিতিতে SO_2 বিরঞ্জন করতে অক্ষম। শুষ্ক রঙ্গীন ফুল SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না, কিন্তু ভিজা রঙ্গীন ফুল SO_2 দ্বারা সহজেই বিরঞ্জিত হয়ে যায়। SO_2 বিজারণ দ্বারা বিরঞ্জন করে থাকে। সম্ভবতঃ জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্নের দ্বারা SO_2 বিজারণ করে থাকে :

$$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$$

উল, সিল্ক প্রভৃতি যে পদার্থগুলি ক্লোরিন বা বিরঞ্জকচূর্ণ দ্বারা বিরঞ্জন করলে ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, সেই পদার্থগুলির বিরঞ্জনে মৃদু বিরঞ্জক SO_2 ব্যবহৃত হয়। SO_2 ম্যাজেণ্টাকে বর্ণহীন করে, কিন্তু লিটমাসকে বিরঞ্জন করতে পারে না।

(7) **জারণ ধর্ম :** কোন কোন ক্ষেত্রে SO_2 জারক হিসাবেও কাজ করে। এসব ক্ষেত্রে SO_2 বিজারিত হবার ফলে সালফার উৎপন্ন হয়। যেমন, (i) 1100° সে উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে $SO_2+C=CO_2+S$। (ii) আর্দ্র হাইড্রোজেন সালফাইডের সাথে বিক্রিয়া : $2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$। (iii) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে SO_2 ফেরাস, কিউপ্রাস ও স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে ফেরিক, কিউপ্রিক ও স্ট্যানিক লবণে জারিত করে :

$$4FeCl_2+4HCl+SO_2=4FeCl_3+2H_2O+S$$ ইত্যাদি।

(8) সালফার ডাই-অক্সাইড লেড ডাই-অক্সাইডের সাথে যুক্ত হয়ে লেড সালফেট উৎপন্ন করে এবং প্রখর সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিণের সাথে বিক্রিয়া করে সালফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$PbO_2+SO_2=PbSO_4\,; \qquad SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2.$$

(9) জলে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করে যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণকে সীল করা নলে 150° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।

$$2H_2SO_3+SO_2 = 2H_2SO_4+S$$

অভীক্ষণ : (1) তীব্রশ্বাস রোধকারী গন্ধযুক্ত (পোড়া সালফারের গন্ধ) বর্ণহীন গ্যাস, (2) অম্লায়িত কমলাভ-হলুদ পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজে পরিণত করে ; (3) বেগুনী বর্ণের অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে দেয়।

ব্যবহার : (1) সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইট লবণ প্রস্তুতিতে ; সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট কাগজ শিল্পে এবং সোডিয়াম মেটা-বাইসালফাইট ফোটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয় ; (2) বিরঞ্জক হিসাবে : চিনি উৎপাদনে ; উল, সিল্ক ইত্যাদিকে বিরঞ্জিত করতে ; (3) রোগ-বীজাণু নাশক হিসাবে ; (4) ফল, মাংস ইত্যাদির সংরক্ষণে ও পচন নিবারণে ; (5) ক্লোরিন-নাশক হিসাবে—ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জনের পর অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড, SO_3

প্রস্তুতি : (1) শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের গ্যাস মিশ্রণ উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামযুক্ত অ্যাসবেসটসের (অনুঘটকরূপে কাজ করে) উপর চালনা করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় : $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ [উষ্ণতা ও অন্যান্য সর্তের জন্য সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির স্পর্শ পদ্ধতি দ্রষ্টব্য]।

প্রথমে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ গ্যাসধাবকের ভিতর দিয়ে চালনা করে শুষ্ক করে নেওয়া হয় এবং তারপর এই শুষ্ক গ্যাস মিশ্রণ একটি শক্ত কাচনলের ভিতর রক্ষিত উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামযুক্ত অ্যাসবেসটস অনুঘটকের উপর চালনা করা হয়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড লবণ ও বরফের হিমমিশ্রে শীতল করা একটি কাচনলের মধ্যে সাদা কেলাস হিসাবে সংগ্রহ করা হয়। যেহেতু SO_3 জলের সাথে H_2SO_4 উৎপন্ন করে, সেইজন্য সমগ্র যন্ত্রটি শুষ্ক হওয়া একান্ত প্রয়োজন।

(2) (i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত পরিমাণ ফসফরাস পেণ্টক্সাইড সহযোগে পাতিত করলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়: $H_2SO_4+P_2O_5=SO_3+2HPO_3$ (ii) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের পাতনের দ্বারা সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়: $H_2S_2O_7=H_2SO_4+SO_3$.

(3) ফেরিক সালফেট বা শুষ্ক ফেরাস সালফেটকে উত্তপ্ত করলেও SO_3 উৎপন্ন হয়: $Fe_2(SO_4)_3=Fe_2O_3+3SO_3$; $2FeSO_4=Fe_2O_3+SO_3+SO_2$

ধর্ম: (1) সালফার ট্রাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস, একে তরলে এবং কঠিনেও পরিবর্তিত করা যায়। এর বৈশিষ্ট্যগুলি হল: আণবিক সংকেত, SO_3 ; আণবিক ওজন 80·066 , NTPতে ঘনত্ব, 2·75 গ্রা/লিটারে ; গলনাঙ্ক, 16·8° সে. ; স্ফুটনাঙ্ক, 44·8° সে.।

(2) সালফার ট্রাই-অক্সাইড আর্দ্র বায়ুতে ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে, কারণ জলীয় বাষ্পের সাথে সালফার ট্রাই-অক্সাইড বাষ্পের সংযোগের ফলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সালফিউরিক অ্যাসিডের কণার সৃষ্টি হয়। SO_3 জলের সাথে প্রচণ্ডতা সহকারে বিক্রিয়া করে সালফিউরিক অ্যাসিড ও ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড (ওলিয়াম) উৎপন্ন করে: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$; $2SO_3+H_2O=H_2S_2O_7$ (ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড)

(3) ক্ষারকীয় অক্সাইডের সাথে সরাসরি যুক্ত হয়ে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফেট লবণ উৎপন্ন করে:

$Na_2O+SO_3=Na_2SO_4$; $BaO+SO_3=BaSO_4$

বেরিয়াম অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়ার সময় বেরিয়াম অক্সাইড ভাস্বর হয়ে ওঠে।

(4) লোহিত উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়ে চালনা করলে SO_3 গ্যাস বিযোজিত হয়ে 2 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড এবং 1 আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন করে: $2SO_3=2SO_2+O_2$

পঞ্চম অধ্যায়

অক্সি-অ্যাসিড সমূহ

নাইট্রোজেনের অক্সি-অ্যাসিড : নাইট্রাস অ্যাসিড, HNO_2 ও নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3

নাইট্রাস অ্যাসিড, HNO_2 : নাইট্রাস অ্যাসিড শীতল খুব লঘু জলীয় দ্রবণে সুস্থিত পদার্থ এবং নাইট্রাস অ্যাসিড জলীয় দ্রবণেই পাওয়া সম্ভব। বিশুদ্ধ নাইট্রাস অ্যাসিড পাওয়া যায় না। কিন্তু নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণ নাইট্রাইট যোগগুলি সুস্থিত পদার্থ।

প্রস্তুতি : (i) কোন নাইট্রাইট লবণের উপর অ্যাসিডের ক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় : $NO' + H^+ \rightarrow HNO_2$

[নাইট্রাইট লবণ প্রস্তুত করে নেওয়া হয় ক্ষার দ্রবণে N_2O_3 (বা NO এবং NO_2) শোষিত করে : $2NaOH + N_2O_3 = 2NaNO_2 + H_2O$; $Ba(OH)_2 + N_2O_3 = Ba(NO_2)_2 + H_2O$]

বরফ-শীতল বেরিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং জলীয় দ্রবণে নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সালফেট ছেঁকে নিলে নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2$

(i) 0° সে. উষ্ণতায় জলে নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড শোষিত করেও HNO_2-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় :

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2.$$

ধর্ম : (1) নাইট্রাস অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড। নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ রেখে দিলে বিশেষতঃ বালি, কাচের টুকরা ইত্যাদির উপস্থিতিতে বা গরম করলে নাইট্রাস অ্যাসিড বিয়োজিত হয়ে যায় : $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$ নাইট্রাস অ্যাসিড সহজেই বিযোজিত হতে পারে বলে ইহা একটি অত্যন্ত বিক্রিয়াশীল পদার্থ।

(2) নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ধীরে ধীরে কপার বা সিলভারকে দ্রবীভূত করে। নাইট্রাইট লবণ এবং নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় :!

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2NO + 2H_2O$$

(3) নাইট্রাস অ্যাসিডে নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যা + 3 – নাইট্রোজেনের এই মাঝামাঝি জারণ সংখ্যার জন্য নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারণ এবং জারণ উভয় বিক্রিয়াতেই অংশগ্রহণ করতে পারে।

(a) **বিজারণ ধর্ম :** ($HNO_2+O=HNO_3$) নাইট্রাস অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ, অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে বিজারিত করে এবং নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় (ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারিত করতে পারে না)।

$$HNO_2+H_2O_2=HNO_3+H_2O$$

$$HNO_2+H_2O+Br_2=HNO_3+2HBr$$

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5HNO_2=K_2SO_4+2MnSO_4+5HNO_3+3H_2O$$

(6) **জারণ ধর্ম :** নাইট্রাস অ্যাসিড জারক হিসাবেও কাজ করতে পারে :

$$2HNO_2=2NO+O+H_2O$$

নাইট্রাস অ্যাসিড (i) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে, (ii) সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে, (iii) অম্লায়িত ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে জারিত করে—প্রতিটি ক্ষেত্রে নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়ে যায় :

(i) $2KI+2HCl+2HNO_2=2KCl+I_2+2NO+2H_2O$

(ii) $SO_2+2HNO_2=2NO+H_2SO_4$

(iii) $2FeCl_2+2HCl+2HNO_2=2FeCl_3+2NO+2H_2O$

জারণের অন্য উদাহরণ : (iv) $H_2S+2HNO_2=S+2NO+2H_2O$

(v) $2SnCl_2+4HCl+2HNO_2=2SnCl_4+N_2O+3H_2O$

(4) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ইউরিয়া (NH_2CONH_2) ও সালফেমিক অ্যাসিডের (NH_2SO_3H) সাথে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন নির্গত হয়—এই বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণকে বিযোজিত করে ধ্বংস করে ফেলা যায় :

$$NH_4Cl+HNO_2=N_2+2H_2O+HCl$$

$$NH_2CONH_2+2HNO_2=2N_2+3H_2O+CO_2$$

$$NH_2SO_3H+HNO_2=N_2+H_2O+H_2SO_4$$

নাইট্রাইট সমূহ: নাইট্রাস অ্যাসিড থেকে উদ্ভূত লবণকে নাইট্রাইট বলে—নাইট্রাইটগুলি সুস্থিত পদার্থ। সব থেকে প্রয়োজনীয় নাইট্রাইট হল সোডিয়াম নাইট্রাইট। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে গলে যায় এবং অক্সিজেন নির্গমণের সাথে নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে: $2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$. নাইট্রেট লবণকে লেড বা কপার সহযোগে গলালে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় নাইট্রেট নাইট্রাইটে বিজারিত হয়: $NaNO_3 + Pb = NaNO_2 + PbO$. নাইট্রাইট লবণগুলি জলে দ্রাব্য এবং নাইট্রাইট লবণেও নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা +3 হওয়ায় নাইট্রাইটলবণগুলি বিজারণ ও জারণ উভয়প্রকার বিক্রিয়াতেই অংশ গ্রহণ করে।

নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইটের অভীক্ষণ: (1) নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে সাধারণ উষ্ণতায় বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস বার হয়; (2) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে আয়োডিন নির্গত হয়—নির্গত আয়োডিন স্টার্চকে নীল করে; (3) মেটাফেনিলিন ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণ যোগ করলে বাদামী রং উৎপন্ন হয়; (4) সালফেনিলিক অ্যাসিড এবং α – ন্যাপথাইল-অ্যামিনের অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণের দ্রবণ যোগ করলে গোলাপী (পিংক) রং উৎপন্ন হয়।

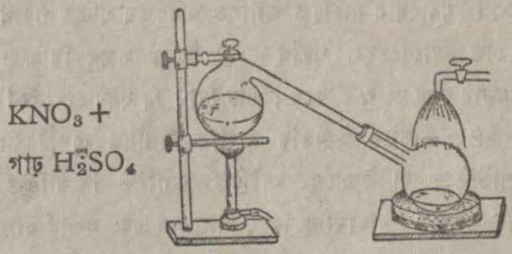
নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি: পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করে পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়:

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

[নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে মৃদু অ্যাসিড এবং বেশী উদ্বায়ী। কোন উদ্বায়ী অ্যাসিড প্রস্তুত করতে হলে সেই অ্যাসিডের কোন লবণের উপর অনুদ্বায়ী বা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী তীব্রতর অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়। এইজন্য সালফিউরিক অ্যাসিডই বিশেষ উপযুক্ত। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা তীব্রতর, কিন্তু ইহা বেশী উদ্বায়ী হওয়ায় HNO_3 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় না।]

পরীক্ষা : সম আণবিক অনুপাতে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি মিশ্রণ কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে নেওয়া হয়। বকযন্ত্রের শেষপ্রান্তটি গ্রাহকরূপে ব্যবহৃত একটি গোলতল ফ্লাস্কে প্রবেশ করানো থাকে এবং চারিদিকে শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা গ্রাহকটিকে শীতল রাখা হয়। বকযন্ত্রটিকে একটি



চিত্র B. 5.1।

তারজালির উপর রেখে প্রায় 200° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাসের আকারে নির্গত হয় এবং শীতল গ্রাহক গোলতল ফ্লাস্কে হরিদ্রাভ তরল হিসাবে ঘনীভূত হয় (চিত্র B5.1)। এইভাবে পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

[অতিরিক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম নাইট্রেট উপস্থিত থাকলে বেশী উষ্ণতায় (800° সে.) নিম্নের বিক্রিয়ায় অধিক পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব :

$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$। কিন্তু এই বিক্রিয়া ঘটানো হয় না, কারণ (i) অধিকতর উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড কিছু পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে যায় : $4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$; (2) উৎপন্ন পটাসিয়াম সালফেট কঠিন অবস্থায় পাত্রের গায়ে এমনভাবে এঁটে থাকে যে বার করা অত্যন্ত কঠিন হয় ($KHSO_4$ এই অসুবিধার সৃষ্টি করে না)।]

উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের রং হলদে হয়, কারণ এতে কিছু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকে। এই নাইট্রিক অ্যাসিড (কিছু জল মিশ্রিত থাকে) গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে কম চাপে পুনরায় পাতিত করলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। 60°–70° সে. উষ্ণতায় এই অ্যাসিডের মধ্যে বায়ু পরিচালিত করলে নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন হয়ে যায়।

ধর্ম : (1) বিশুদ্ধ অনার্দ্র নাইট্রিক অ্যাসিড শ্বাস রোধকারী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি তরল পদার্থ। ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয় এবং জলে সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের বৈশিষ্ট্যগুলি হল : আণবিক সংকেত, HNO_3 ; আণবিক ওজন, 63·016 ; 20° সে. উষ্ণতায় ঘনত্ব 1·50 গ্রা./মি. লি.। পণ্য (commercial) নাইট্রিক অ্যাসিড হলুদ রং-এর হয় কারণ বিয়োজনের ফলে যে কিছু পরিমাণে NO_2

উৎপন্ন হয় তা দ্রবীভূত থাকে। অধিক পরিমাণে NO_2 নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত থাকলে যে লালাভ বাদামী বর্ণের তরল পাওয়া যায় তাকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড বলে। ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড অধিকতর সক্রিয় পদার্থ। নাইট্রিক অ্যাসিড একটি অত্যন্ত প্রদাহী তরল পদার্থ। প্রোটীনের সাথে বিক্রিয়া করে বলে নাইট্রিক অ্যাসিড চামড়ায় হলুদ রং সৃষ্টি করে ; গাঢ় HNO_3 যন্ত্রণাপ্রদানকারী ক্ষতের সৃষ্টি করে।

(2) উচ্চতর উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড একটি দুঃস্থিত পদার্থ। আলোকের উপস্থিতিতে বা উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে যায়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (বাদামী বর্ণের), অক্সিজেন এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় :

$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়।

(3) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি একক্ষারকীয় তীব্র অ্যাসিড—জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণতঃ আয়নিত অবস্থায় থাকে : $4HNO_3 = H^{+} + NO_3'$।

(4) নাইট্রিক অ্যাসিড বা অ্যাসিড দ্রবণে NO_3^{-1} আয়ন একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ। নাইট্রিক অ্যাসিড তার গাঢ়তা, উষ্ণতা এবং বিজারক দ্রব্যের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে অনেক ধরণের জারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে থাকে—উৎপন্ন হয় নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড।

(i) উত্তপ্ত, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফসফরাস, আয়োডিন ও সালফারকে তাদের অক্সি-অ্যাসিডে জারিত করে দেয় :

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 5H_2O$$

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

কার্বন ও সিলিকনকে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে :

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

$$Si + 4HNO_3 = SiO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন যৌগকেও জারিত করে :

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 2NO + 4H_2O$$

$$6KX + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3X_2 + 2NO + 4H_2O \quad (X = Br, I)$$

$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

(5) **বিভিন্ন ধাতুর সাথে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া:** (দ্বিতীয় খণ্ডে ধাতুগুলির ধর্ম ও দ্রষ্টব্য) নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ়তা এবং উষ্ণতার বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে—নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া (NH_4NO_3 হিসাবে থাকে) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন পদার্থগুলি ধাতুর প্রকৃতির উপরও নির্ভরশীল। গোল্ড, প্ল্যাটিনাম, রেডিয়াম, ইউরেনিয়াম ও ট্যান্টালাম ব্যতীত প্রায় সব ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে। নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুর সাথে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও জারকদ্রব্য উভয়রূপেই কাজ করে।

(a) লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের সাথে বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

(b) **কপারের সাথে বিক্রিয়া**

(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড: $Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$

(ii) নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিড: $3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$

(iii) লঘু ও শীতল অ্যাসিড: $4Cu+10HNO_3=4Cu(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$

(c) **জিঙ্কের সাথে বিক্রিয়া**

(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড: $Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$

(ii) অতিলঘু ও শীতল অ্যাসিড: $4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$

(iii) লঘু ও শীতল অ্যাসিড: $4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$

মারকারির সাথে বিক্রিয়া:

(i) লঘু ও শীতল অ্যাসিড: $6Hg+8HNO_3=3Hg_2(NO_3)_2+2NO+4H_2O$

(ii) গাঢ় ও অতিরিক্ত অ্যাসিড: $3Hg+8HNO_3=3Hg(NO_3)_2+2NO+4H_2O$

(e) **আয়রণের সাথে বিক্রিয়া**

(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড : $Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3H_2O+3NO_2$

(ii) লঘু ও শীতল অ্যাসিড : $4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$

(iii) অতিগাঢ় বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে বিশুদ্ধ লৌহ দ্রবীভূত না হয়ে "নিষ্ক্রিয়তা" (passivity) প্রাপ্ত হয়—অর্থাৎ এর রাসায়নিক ক্ষমতা সাময়িকভাবে লোপ পায়।

সিলভারের সাথে বিক্রিয়া :

(f) উষ্ণ ও লঘু অ্যাসিড : $Ag+2HNO_3=AgNO_3+H_2O+NO$

(6) নাইট্রিক অ্যাসিড অনেক জৈব যোগকে জারিত করে দেয়। অ্যারোম্যাটিক যৌগে $-NO_2$ (নাইট্রো) মূলক প্রবিষ্ট করাতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় (নাইট্রেশন বিক্রিয়া—পরে দ্রষ্টব্য)। এই বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ HNO_3 ও H_2SO_4 এর মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

অ্যাকোয়া রিজিয়া (Aqua regia) **বা অম্লরাজ :** গোল্ড, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি বর ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডে কোন অবস্থাতেই দ্রবীভূত হয় না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড আয়তনের 3 : 1 অনুপাতে মিশ্রিত করলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে অম্লরাজ বলে এবং এই অম্লরাজ গোল্ড প্ল্যাটিনাম ইত্যাদি বরধাতুকে দ্রবীভূত করে। অম্লরাজ উত্তপ্ত করলে উষ্ণ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় HCl কে জারিত করে ক্লোরিন, নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন করে :

$$3HCl+HNO_3=Cl_2+NOCl+2H_2O$$

$$Au+4HCl+HNO_3=HAuCl_4+NO+2H_2O$$

$$3Pt+4HNO_3+18HCl=3H_2PtCl_6+4NO+8H_2O$$

নাইট্রেটসমূহ : নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে উদ্ভূত লবণকে নাইট্রেট বলে। ধাতু, ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা সাধারণতঃ নাইট্রেট প্রস্তুত করা হয়। লেড, বিসমাথ ইত্যাদি ধাতুর কিছু ক্ষারকীয় নাইট্রেট ব্যতিরেকে নাইট্রেট লবণগুলি জলে দ্রাব্য।

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটের অভীক্ষণ : (1) নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণকে গাঢ় H_2SO_4 ও কপারের ছিলা সহযোগে উত্তপ্ত করলে NO_2 এর লালাভ বাদামী ধোঁয়া বার হয়; (2) ক্রসিনের সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে লাল রং উৎপন্ন হয়; (3) একটি

পরীক্ষানলে শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণের জলীয় দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ যোগ করার পর পরীক্ষানলের গা বেয়ে ধীরে ধীরে সতর্কতার সাথে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে দুটি তরলের সংযোগস্থলে একটি বাদামী বলয় উৎপন্ন হয়:

$$2HNO_3+3H_2SO_4+6FeSO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

$$FeSO_4+NO=FeSO_4, NO \text{ (বাদামী)}$$

ব্যবহার: (1) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে—অ্যাসিড হিসাবে, জারকদ্রব্য হিসাবে, নাইট্রেশন বিক্রিয়ায়; (2) নাইট্রোগ্লিসারিন, পিকরিক অ্যাসিড, ট্রাই-নাইট্রোটলুইন (টি, এন, টি,) ইত্যাদি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে; (3) নাইট্রেট-লবণ ও সার উৎপাদনে; (4) সেলুলয়েড, সেলোফেন, কৃত্রিম রং, কৃত্রিম সিল্ক ইত্যাদি উৎপাদনে।

ফসফরাসের অক্সি-অ্যাসিড: ফসফরাসের দুটি উল্লেখযোগ্য অক্সি-অ্যাসিড ফসফরাস অ্যাসিড (ফসফরাসের জারণ সংখ্যা 3) ও ফসফরিক অ্যাসিড (ফসফরাসের জারণ সংখ্যা 5) নীচে আলোচিত হল।

ফসফরাস অ্যাসিড, H_3PO_3

প্রস্তুতি (1) ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়: $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$

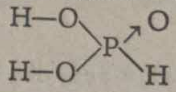
গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ভিতর ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড যোগ করা হয়—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয়। নতুবা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রবীভূত হওয়ার জন্য তাপ নির্গমনের ফলে বিক্রিয়া তীব্রতার সাথে ঘটে। উৎপন্ন দ্রবণ বাষ্পীভূত করা হয় যতক্ষণ না উষ্ণতা 180° সে. পর্যন্ত ওঠে—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্পাকারে বার হয়ে যায়। গাঢ় দ্রবণকে শীতল করলে ফসফরাস অ্যাসিড সাদা কেলাসরূপে কেলাসিত হয়।

(2) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করেও ফসফরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়: $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$

ধর্ম: (1) ফসফরাস অ্যাসিড উদগ্রাহী (deliquescent) সাদা কেলাস (গলনাঙ্ক 73·6° সে.) হিসাবে পাওয়া যায়। জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। 200° সে. উষ্ণতায় ফসফরাস অ্যাসিড ফসফিন এবং ফসফরিক অ্যাসিডে বিযোজিত হয়ে যায়:

$$4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$$

(2) ফসফরাস অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড—অণুতে উপস্থিত তিনটির মধ্যে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু আয়নিত হতে পারে। এর থেকে বোঝা যায় ফসফরাস অ্যাসিডের গঠনে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ফসফরাসের সাথে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত আছে :



ফসফরাসের সাথে প্রত্যক্ষরূপে যুক্ত এই হাইড্রোজেন পরমাণুর জন্য ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফাইট বিজারকগুণ সম্পন্ন হয়ে থাকে।

ফসফরাস অ্যাসিডের দু' ধরণের লবণ জানা আছে : MH_2PO_3 এবং M_2HPO_3 (M=একটি একযোজী ধাতব পরমাণু)।

(3) ফসফরাস অ্যাসিড সহজেই ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয় বলে ফসফরাস অ্যাসিড এবং ফসফাইট লবণ শক্তিশালী বিজারক দ্রব্যরূপে কাজ করে।

(i) সিলভার এবং গোল্ড লবণের দ্রবণ থেকে ফসফরাস অ্যাসিড ধাতুকে অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা :

$$2AgNO_3+H_3PO_3+H_2O=2Ag+2HNO_3+H_3PO_4$$

(ii) ফসফরাস অ্যাসিড মারকিউরিক ক্লোরাইডকে মারকিউরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে দেয় :

$$2HgCl_2+H_3PO_3+H_2O=Hg_2Cl_2+2HCl+H_3PO_4$$

অতিরিক্ত ফসফরাস অ্যাসিড সহযোগে ফোটালে, কিছু পরিমাণ মারকিউরাস ক্লোরাইড ধীরে ধীরে ধাতব মারকারিতে বিজারিত হয়ে যায় :

$$Hg_2Cl_2+H_3PO_3+H_2O=2Hg+HCl+H_3PO_4$$

(iii) ফসফরাস অ্যাসিড সালফার ডাই অক্সাইডকে বিজারিত করে দেয়—সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় : $SO_2+2H_3PO_3=2H_3PO_4+S$

(4) ফসফরাস অ্যাসিড ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়া করে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$H_3PO_3+PCl_5=PCl_3+3POCl_3+3HCl$$

ফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4

অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4, সাধারণতঃ ফসফরিক অ্যাসিড নামে পরিচিত।

প্রস্তুতি : (1) অস্থিভস্ম বা ফসফরাইট খনিজকে নাতিগাঢ় (60%) H_2SO_4 সহযোগে ফুটিয়ে পণ্যপদ্ধতিতে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়। বিচূর্ণ অস্থিভস্ম বা ফসফরাইট খনিজকে 60% H_2SO_4 সহযোগে কয়েক ঘণ্টা ফুটালে ফসফরিক

অ্যাসিড এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ফসফেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ফসফেটকে ছেঁকে পৃথক করলে ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায় এবং এই দ্রবণ বাষ্পীভবনের দ্বারা গাঢ় করে 85% ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। এই ফসফরিক অ্যাসিড সিরাপির ফসফরিক অ্যাসিড নামে পরিচিত। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত ফসফরিক অ্যাসিড খুবই অবিশুদ্ধ।

$$3Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$$

(2) ফুটন্ত জলে ফসফরাস পেন্টাক্সাইড দ্রবীভূত করেও ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়: $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$

(3) লোহিত বা শ্বেত ফসফরাসকে গাঢ় HNO_3 (বিক্রিয়ার প্রচণ্ডতা কমানোর জন্য HNO_3 এর গাঢ়ত্ব 32% এর বেশী রাখা হয় না) দ্বারা জারিত করে বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$P_4+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$$

লোহিত ফসফরাস ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ একটি রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে নিয়ে ফুটানো হয়। বিক্রিয়ার শেষে অতিরিক্ত HNO_3 বাষ্পীভবনের দ্বারা দূর করা হয় এবং ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণ উত্তাপের সাহায্যে গাঢ় করা হয় যতক্ষণ না উষ্ণতা 180° সে. পর্যন্ত ওঠে। উৎপন্ন ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণকে বরফ-লবণের হিমমিশ্র দ্বারা আবৃত বায়ুশূন্য শোষকাধারে গাঢ় H_2SO_4এর উপর শীতল করা হয়। ধীরে ধীরে ফসফরিক অ্যাসিডের উদগ্রাহী বর্ণহীন কেলাস জমা হয়।

ধর্ম: (1) ফসফরিক অ্যাসিড শক্ত, বর্ণহীন কেলাসরূপে কেলাসিত হয়—ঘনত্ব 1·88, গলনাঙ্ক 42·3° সে.। ফসফরিক অ্যাসিড জলের সাথে যে কোন অনুপাতে মিশে যায়।

(2) ফসফরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে ফসফরিক অ্যাসিড থেকে ধীরে ধীরে জল নিষ্ক্রান্ত হয়—213°সে. উষ্ণতায় পাইরো ফসফরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$) এবং 316° সে. উষ্ণতায় মেটাফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হয়।

$$2H_3PO_4=H_4P_2O_7+H_2O\ (213^\circ C.)\quad H_4P_2O_7=2HPO_3+H_2O\ (316^\circ C.)$$

(3) ফসফরিক অ্যাসিড একটি মাঝামাঝি তীব্র অ্যাসিড। এটি একটি ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড এবং তিনটি পর্যায়ে বিয়োজিত হয়:

$$H_3PO_4\rightleftarrows H^++H_2PO_4'\quad H_2PO_4'\rightleftarrows H^++HPO_4''$$

$$HPO_4''\rightleftarrows H^++PO_4'''$$

ফসফরিক অ্যাসিড তিন প্রকারের লবণ উৎপন্ন করে—এই লবণগুলিকে ফসফেট লবণ বলে। যেমন, NaH_2PO_4, সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট, (প্রাইমারী ফসফেট); Na_2HPO_4, ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট, (সেকেণ্ডারী ফসফেট); Na_3PO_4, ট্রাই-সোডিয়াম ফসফেট, (টারসিয়ারী ফসফেট)। ফসফরিক অ্যাসিডে এক, দুই বা তিন তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্ষার (যেমন, NaOH) যোগ করে যথাক্রমে প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী বা টারসিয়ারী ফসফেট প্রস্তুত করা যায়। ফসফরিক অ্যাসিডকে ক্ষার (যেমন, NaOH) দ্বারা টাইট্রেশন করলে মিথাইল অরেঞ্জ বা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার দ্বারা প্রাইমারী বা সেকেণ্ডারী ফসফেট উৎপন্নের ক্ষণ নির্ণয় করা যায়—NaH_2PO_4 উৎপন্নের পর্যায়ে মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ পরিবর্তন হয় এবং Na_2HPO_4 উৎপন্নের পর্যায়ে ফিনলথ্যালিনের বর্ণ পরিবর্তন হয়।

Na_2HPO_4 (প্রাইমারী ফসফেট) দ্রবণ আম্লিক, NaH_2PO_4 (সেকেণ্ডারী ফসফেট) দ্রবণ মৃদু ক্ষারকীয় এবং Na_3PO_4 (টারসিয়ারী ফসফেট) দ্রবণ তীব্র ক্ষারীয়:

$$H_2PO_4' + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HPO_4''$$
$$HPO_4'' + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4' + OH'$$
$$PO_4''' + H_2O \rightleftharpoons HPO_4'' + OH'$$

উত্তপ্ত করলে NaH_2PO_4 থেকে জল দূরীভূত হয়ে $NaPO_3$ (মেটা-ফসফেট) এবং Na_2HPO_4 থেকে জল দূরীভূত হয়ে $Na_4P_2O_7$ (পাইরো-ফসফেট) উৎপন্ন হয়। Na_3PO_4 এর উপর তাপের কোন ক্রিয়া নাই।

ব্যবহার: বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিডের ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহার আছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সুস্থিত করার জন্য ফসফরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফসফরিক অ্যাসিড সার উৎপাদনে, রঙ করতে (dyeing), এনামেল উৎপাদনে, পোর্সেলিন সিমেন্ট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

সালফারের অক্সি-অ্যাসিড: সালফারের দুটি প্রয়োজনীয় অক্সি-অ্যাসিড সালফিউরাস অ্যাসিড (S এর জারণসংখ্যা 4) ও সালফিউরিক অ্যাসিড (S এর জারণসংখ্যা 6) নীচে আলোচিত হল।

সালফিউরাস অ্যাসিড, H_2SO_3:

প্রস্তুতি: সালফার ডাই-অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করে সালফিউরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়: $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

বিশুদ্ধ সালফিউরাস অ্যাসিড জানা নাই। জলীয় দ্রবণেই সালফিউরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ধর্ম : (1) সালফিউরাস অ্যাসিড একটি দুঃস্থিত পদার্থ—জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করলে SO_2 নির্গত হয়ে যায়।

(2) একটি বদ্ধ নলে সালফিউরাস অ্যাসিডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ 150° সে.—উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হয়ে যায় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এর থেকে সালফিউরাস অ্যাসিডে (এবং সালফার ডাই-অক্সাইডে) সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় : $3H_2SO_3 = 2H_2SO_4 + H_2O + S$

(3) সালফিউরাস অ্যাসিড একটি মৃদু দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড—দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুই আয়নিত হতে পারে :

$$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3' \; ; \; HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3''$$

সালফিউরাস অ্যাসিডের অ্যাসিড লবণ, $MHSO_3$ এবং নরমাল লবন, $M_2^{'} SO_3$ (M = একযোজী ধাতব পরমাণু) দু'ধরণের লবণই উৎপন্ন হতে পারে। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সাথে সালফিউরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় $NaHSO_3$ এবং Na_2SO_3 দুইই উৎপন্ন হয় :

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O \; ; \; H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

নরমাল এবং হাইড্রোজেন সালফাইট দু' প্রকারের লবণই উত্তাপে বিযোজিত হয় :

$$4Na_2SO_3 = Na_2S + 3Na_2SO_4$$
$$2NaHSO_3 = Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O$$

(4) সালফিউরাস অ্যাসিড এবং অ্যাসিড দ্রবণে এর লবণগুলি বিজারক গুণসম্পন্ন। নানাপ্রকারের জারকদ্রব্য যেমন, $O_2, Cl_2 H_2O_2$, $KMnO_4$ সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং সালফাইটকে সালফেটে জারিত করে।

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

বায়ুর সংস্পর্শে সালফাইট দ্রবণে সর্বদা সালফেট উপস্থিত থাকে। [সালফিউরাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্মের জন্যে SO_2-এর বিজারণ ধর্ম দ্রষ্টব্য।]

(5) ক্ষারীয় দ্রবণে সালফাইট আয়ন সালফারের সাথে যুক্ত হয়ে থায়োসালফেট আয়ন, S_2O_3'' উৎপন্ন করে :

$$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3^{=}$$

সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4 (অয়েল অব ভিট্রিয়ল)

মধ্যযুগে অ্যালকেমিষ্টরা হিরাকস (ফেরাস সালফেট) থেকে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতেন : $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

বর্তমানে বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রচুর চাহিদা থাকায় সালফিউরিক অ্যাসিড পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের জন্য দুটি পদ্ধতি প্রচলিত: (1) স্পর্শ পদ্ধতি, (2) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির প্রচলন বর্তমানে খুব কম। স্পর্শ পদ্ধতি দ্বিতীয় অংশের সপ্তম অধ্যায়ে বর্ণিত হয়েছে।

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির যে কোন পদ্ধতিরই সব থেকে প্রয়োজনীয় পর্যায় হল SO_2 কে SO_3 এ জারণ। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে SO_2কে নাইট্রোজেনের অক্সাইড NO ও NO_2 দ্বারা জারিত করা হয়। সালফার বা আয়রন পাইরাইটিস খনিজ বায়ুতে পুড়িয়ে SO_2 প্রস্তুত করা হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের তাপ বিযোজনের দ্বারা নাইট্রোজেনের অক্সাইড পাওয়া যায়। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে আর দুটি প্রয়োজনীয় বস্তু হল অক্সিজেন (বায়ু) এবং জল। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে SO_2এর জারণের সময় প্রকৃত কি বিক্রিয়া ঘটে তা সম্যকরূপে জানা নাই। দুটি প্রচলিত মতবাদ হল:

(1) বায়ু (অক্সিজেন) এবং জলের সান্নিধ্যে SO_2 নাইট্রোজেনের অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড, $SO_2(OH)ONO$ উৎপন্ন করে এবং অতিরিক্ত জল নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে দেয়:

$$2SO_2+NO+NO_2+H_2O+O_2=2SO_2(OH)ONO$$

$$2SO_2(OH)ONO+H_2O=2H_2SO_4+NO+NO_2$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইড পুনরুৎপন্ন হয় এবং পুনরায় ব্যবহৃত হয়।

(2) NO_2 সালফার ডাই-অক্সাইডকে SO_3 এ জারিত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়। পরে অক্সিজেন NO কে NO_2 তে পুনরায় জারিত করে:

$$SO_2+NO_2=SO_3+NO\,;\ SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

$$2NO+O_2=2NO_2$$

প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তা 60-70% গাঢ় H_2SO_4 এবং অপেক্ষাকৃত অবিশুদ্ধ। এই অ্যাসিডকে বাষ্পীভূত করে গাঢ় করা যায়, কিন্তু তা ব্যয়সাধ্য ব্যাপার।

ধর্ম: (1) বিশুদ্ধ, অনার্দ্র সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন, তেলের মত তরল পদার্থ, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·838 (15° সে. উষ্ণতায়)। বাজারের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে 98%H_2SO_4 থাকে। বাষ্পীভূত করে সালফিউরিক অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ অনার্দ্র করা যায় না। সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত

করলে 98·3% H_2SO_4 ও 1·7% জলের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায় যা 338° সে. উষ্ণতায় এই অনুপাতেই পাতিত হয়। যদি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে উপযুক্ত পরিমাণ SO_3 দ্রবীভূত করে এর সংযুতি (stoichiometric composition) H_2SO_4 এই রাসায়নিক সংকেতে নিয়ে আসা যায়, সালফিউরিক অ্যাসিড 10·36° সে. গলনাঙ্কযুক্ত কঠিনে পরিণত হয়। একে উত্তপ্ত করলে SO_3 বার হয়ে আসে যতক্ষণ না 98·3% H_2SO_4 যুক্ত তরল পাওয়া যায়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ দ্রবীভূত SO_3 থাকলে তাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম (oleum) বলা হয়। H_2SO_4 চামড়ায় ক্ষতের সৃষ্টি করে।

(2) উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে: $2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$

লোহিত তপ্ত সিলিকা-নলের মধ্য দিয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করলেও এই বিযোজন ঘটে।

অ্যাসিড ধর্ম: সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারকীয় তীব্র অ্যাসিড— সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে দুই পর্যায়ে আয়নিত হয় এবং নরমাল ও অ্যাসিড দুই প্রকারের লবণই উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4' \; ; \; HSO_4' \rightleftharpoons H^+ + SO_4''$$

সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন দুই প্রকারের লবণ হল: অ্যাসিড লবণ, $MHSO_4$ (হাইড্রোজেন সালফেট) ও নরম্যাল লবণ M_2SO_4 (সালফেট) [M = একযোজী ধাতব পরমাণু]।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও নরমাল লবণ উৎপাদন এবং সাধারণ উষ্ণতায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের অনেক ধাতুর (যেমন, Mg, Zn, Fe ইত্যাদি) সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদন সালফিউরিক অ্যাসিডের অ্যাসিড ধর্মের পরিচায়ক।

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O \; ; \; H_2SO_4 + 2NaOH$$
$$= Na_2SO_4 + 2H_2O \; ; \; Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

লঘু জলীয় দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের তীব্রতা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের থেকে কম, কিন্তু সালফিউরাস অ্যাসিডের থেকে বেশী।

(4) **জারণ ধর্ম :** উষ্ণ, গাঢ় H_2SO_4 একটি জারক দ্রব্য। উষ্ণ, গাঢ় H_2SO_4 কার্বন, ফসফরাস ও সালফারকে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড, ফসফরাস অ্যাসিড ও সালফার ডাই-অক্সাইডে জারিত করে দেয় এবং নিজে বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$C+2H_2SO_4=2H_2O+CO_2+2SO_2$$
$$2P+3H_2SO_4=2H_3PO_3+3SO_2$$
$$S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$$

গাঢ় H_2SO_4 হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে যথাক্রমে আয়োডিন ও ব্রোমিনে জারিত করে দেয় :

$$2HX+H_2SO_4=X_2+2H_2O+SO_2 \quad [\,X=Br \text{ বা } I\,]$$

হাইড্রোজেন শীতল H_2SO_4 কে খুব ধীরে ধীরে বিজারিত করে—উত্তপ্ত করলে এই বিজারণ দ্রুত হয় : $H_2SO_4+H_2=SO_2+2H_2O$।

অনেক ধাতু (যেমন, Mg, Zn, Fe ইত্যাদি) লঘু H_2SO_4 এ সাধারণ উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে। Na, K, Mg শীতল গাঢ় H_2SO_4 থেকে হাইড্রোজেন নির্গত করে। বেশীর ভাগ ধাতু উষ্ণ গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয়ে যায় এবং H_2SO_4 বিজারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে (তড়িৎ বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরের এবং নীচের উভয় প্রকারের ধাতুই জারিত হয় :

$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O+SO_2$$
$$Pb+2H_2SO_4=PbSO_4+2H_2O+SO_2$$

Pt, Au ইত্যাদি বরধাতুর উপর H_2SO_4 এর কোন ক্রিয়া নাই।

(5) **নিরুদন ধর্ম :** সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি তীব্র আসক্তি আছে। সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সাথে যে কোন অনুপাতে মিশে যায়—মিশ্রিত হওয়ার সময় প্রচুর তাপ নির্গত হয় এবং আয়তনের সংকোচন ঘটে। এই জন্য সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় সর্বদা নাড়তে নাড়তে ধীরে ধীরে **জলের ভিতর** অ্যাসিড যোগ করা হয় যাতে দ্রবণ-তাপ সমস্ত জলে ছড়িয়ে পড়তে পারে। জলের সাথে H_2SO_4 হাইড্রেট উৎপন্ন করে, যেমন :

$$H_2SO_4, H_2O\,;\; H_2SO_4, 2H_2O\,;\; H_2SO_4, 3H_2O\,।$$

গাঢ় H_2SO_4 সর্বদা জলীয় বাষ্প শোষণ করতে পারে। অনেক জৈব যৌগ (বিশেষতঃ যে সব জৈব যৌগে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 2 : 1) থেকে গাঢ় H_2SO_4 জল টেনে নিয়ে যৌগগুলিকে বিযোজিত করে দেয়। এই বিযোজনের

সময় অনেক ক্ষেত্রে জল শোষণের ফলে কালো কার্বন পড়ে থাকে এবং কিছু ক্ষেত্রে কালো কার্বন উৎপন্ন হয় না। যেমন, গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড থেকে কার্বন মনোক্সাইড, অক্সালিক অ্যাসিড থেকে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিন উৎপন্ন হয়, কিন্তু কোন ক্ষেত্রেই কালো কার্বন উৎপন্ন হয় না। আবার, কাগজ, কাঠ, চিনি, স্টার্চ ইত্যাদি পদার্থ গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়ায় কার্বনে পরিণত হয়।

$$HCOOH+[H_2SO_4]=CO+[H_2O+H_2SO_4]$$
$$HOOC.COOH+[H_2SO_4]=CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]$$
$$C_2H_5OH+[H_2SO_4]=C_2H_4+[H_2O+H_2SO_4]$$
$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2SO_4=12C+[11H_2O+H_2SO_4]$$

(6) সালফিউরিক অ্যাসিডের অপেক্ষাকৃত অনুদ্বায়ীতার জন্য উদ্বায়ী অ্যাসিড যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদির প্রস্তুতিতে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়। ক্লোরাইড বা নাইট্রেট লবণকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে HCl বা HNO_3 উৎপন্ন হয় :

$$NaCl+H_2SO_4=HCl+NaHSO_4$$
$$NaNO_3+H_2SO_4=HNO_3+NaHSO_4$$

সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেটের অভীক্ষণ : (1) কপারের ছিবড়ার সাথে গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করলে পোড়া গন্ধকের মত গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস বার হয়—এই গ্যাস অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজকে সবুজ করে ; (2) সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেট লবণের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড বা বেরিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা ভারী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ পড়ে :

$$H_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4+2HCl,$$

(3) ধাতব সালফেট ও সোডিয়াম কার্বনেটের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণ চারকোলের উপর গলালে ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ধাতব সালফাইডে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে পচা ডিমের মত গন্ধযুক্ত H_2S গ্যাস নির্গত হয় যা লেড অ্যাসিটেট সিক্ত কাগজকে কালো (কালো রং-এর PbS উৎপন্ন হয়) করে দেয়। এই পরীক্ষার সাহায্যে সালফেটে সালফারের অস্তিত্বও প্রমাণিত হয়।

ব্যবহার ঃ শিল্প জগতে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি অতি প্রয়োজনীয় পদার্থ। কোন দেশের শিল্পাগ্রসরতা তার সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন ও ব্যবহারের উপর নির্ভর করে একথা বললে অত্যুক্তি হয় না। নীচে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজনীয় ব্যবহারগুলি উল্লেখ করা হল : (1) পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়—জারক এবং নিরুদক হিসাবে। জলীয় বাষ্প শোষণ করার ক্ষমতা সমধিক বলে গাঢ় H_2SO_4 শোষকাধারে এবং বিভিন্ন গ্যাস শুষ্ক করার জন্য ব্যবহৃত হয়; (2) সার উৎপাদনে—যেমন, অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং দ্রবণীয় ফসফেট সার উৎপাদনে; (3) পেট্রোলিয়াম শোধনে এবং উদ্ভিজ্জ তেল ও চর্বি, গ্যাসোলিন, কেরোসিন ইত্যাদি বিশুদ্ধ করণে; (4) অন্য অ্যাসিড (যেমন, HCl, HNO_3), সালফেট লবণ, এস্টার ও ইথার প্রস্তুতিতে; (5) গাঢ় ও ধূমায়মান H_2SO_4 জৈব যৌগে সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-SO_3H$) প্রবেশ করাতে অর্থাৎ, সালফোনেশন বিক্রিয়ায়; (6) লেড স্টোরেজ ব্যাটারীতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে; (7) নানাপ্রকারের রাসায়নিক দ্রব্যাদি যেমন, বিস্ফোরক, পেন্ট, পিগমেন্ট, বস্ত্রাদি, আলকাতরাজাত পদার্থ (ঔষধ, রং, জীবাণুনাশক) ইত্যাদি উৎপাদনে।

ষষ্ঠ অধ্যায়

হাইড্রাইডসমূহ

অ্যামোনিয়া (NH_3)

প্রকৃতিক অস্তিত্ব : বায়ুমণ্ডলে সামান্য অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক জলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও নাইট্রেট যৌগ হিসাবে, আগ্নেয়গিরির নিকটস্থ অঞ্চলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগ হিসাবে, খনিজ লবণে, মাটিতে, প্রাণীদেহের রক্তে, মূত্রে এবং উদ্ভিদ দেহে বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে অ্যামোনিয়া বর্তমান থাকে।

প্রস্তুতি : (1) নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রণে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ ঘটালে খুব সামান্য পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$। বিক্রিয়াটি উভমুখী।

(2) নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব পদার্থ সমন্বিত বস্তু যেমন, শিং, অস্থি ইত্যাদি সোডা-লাইম [$NaOH+CaO$] সহযোগে উত্তপ্ত করে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

(3) যে কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে তীব্র ক্ষারক সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $(NH_4)_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O+2NH_3$

(4) কয়েকটি অ্যামোনিয়াম লবণ যেমন, অ্যামোনিয়াম সালফেট, ফসফেট বা মাইক্রোকসমিক লবণকে কেবল মাত্র উত্তপ্ত করেই অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় :

$(NH_4)_2SO_4=NH_3+NH_4HSO_4$, $\quad (NH_4)_3PO_4=3NH_3+HPO_3+H_2O$

$Na(NH_4)PO_4=NaPO_3+NH_3+H_2O$.

মাইক্রোকসমিক লবণ সোডিয়াম মেটাফসফেট

(5) নাইট্রাইড যৌগ জল বা ক্ষারদ্রবণ সহযোগে ফোটালে নাইট্রাইড যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $BN+3H_2O=H_3BO_3+NH_3$; $Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$.

(6) নাইট্রোজেনের অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অক্সাইড বা অ্যাসিড বিজারিত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে : $2NO_2+7H_2=2NH_3+4H_2O$.

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণে Zn এবং লঘু H_2SO_4 যোগ করলেও HNO_3 অ্যামোনিয়াতে বিজারিত হয়। অবশ্য উৎপন্ন অ্যামোনিয়া H_2SO_4 এর সাথে $(NH_4)_2SO_4$ গঠন করে :

$$HNO_3+8H=NH_3+3H_2O\ ;\ [\ 2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4]$$

(7) নাইট্রেট বা নাইট্রাইট যৌগ ক্ষার দ্রবণ এবং Zn বা Al পাউডার সহযোগে উত্তপ্ত করলে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা যৌগগুলি NH_3 তে বিজারিত হয় :

$$Zn+2NaOH=Zn(ONa)_2+2H\ ;\ NaNO_3+8H=NH_3+NaOH+2H_2O\ ;\ NaNO_2+6H=NH_3+NaOH+H_2O.$$

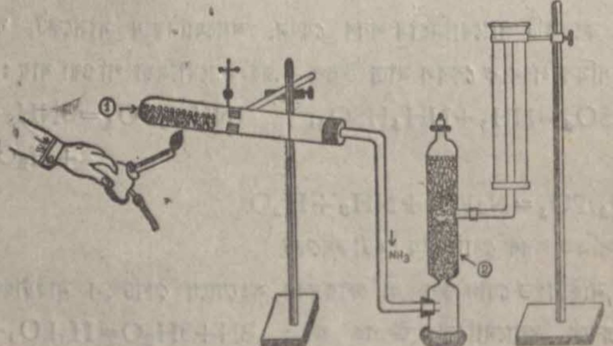
(8) সংশ্লেষণ পদ্ধতি এবং অন্যান্য শিল্প পদ্ধতি : সপ্তম অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

পরীক্ষাগার পদ্ধতি : পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণ শুষ্ক চুন [CaO] বা কলিচুন [$Ca(OH)_2$] সহযোগে **উত্তপ্ত করে।**

বিক্রিয়া : $2NH_4Cl+CaO=CaCl_2+2NH_3\uparrow+H_2O$

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O.$$

ওজন অনুপাতে **প্রায় 1 ভাগ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের** সাথে প্রায় **3 ভাগ শুষ্ক গুড়ো কলিচুন** ভালোভাবে মিশিয়ে ঐ মিশ্রণ একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে এমনভাবে নেওয়া হল যাতে নলটির কিছুটা অংশমাত্র ঐ মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ



চিত্র—B.6.1 : অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি (1) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কলিচুন মিশ্রণ (2) শুষ্ক কলিচুন

হয়। মিশ্রণসহ পরীক্ষানলটি ধারকের সাহায্যে প্রায় অনুভূমিকরূপে মুখের দিকটা নীচু দিকে সামান্য হেলিয়ে লাগানো হল। নির্গমনলযুক্ত একটি ছিপি দ্বারা পরীক্ষা-

নলটির মুখ বন্ধ করে দেওয়া হল। নির্গম নলটির অপর মুখ শুষ্ক চুন (CaO) পূর্ণ শুষ্কীকরণ স্তম্ভের সাথে যুক্ত করা হল এবং এই শুষ্কীকরণ-স্তম্ভে লাগানো একটি নির্গম নলের খোলা মুখের উপর একটি শুষ্ক গ্যাসজার উল্টো করে স্থাপিত করা হল (চিত্র : B. 6.1) সবকিছু এইভাবে সাজিয়ে পরীক্ষানলটিকে বুনসেন বার্ণারের সাহায্যে এমনভাবে উত্তপ্ত করা হতে লাগল যাতে পরীক্ষা-নলটির সমস্ত অংশ সমভাবে উত্তপ্ত হয়। প্রথমে মৃদুভাবে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। নলের কোন অংশে সামান্য জল জমলে সাথে সাথে ঐ অংশ উত্তপ্ত করে জলকে বাষ্পে পরিণত করা হয়। সামান্য জলীয় বাষ্প মিশ্রিত অ্যামোনিয়া গ্যাস নল থেকে বেরিয়ে আসে। শুষ্কীকরণ স্তম্ভের মধ্য দিয়ে যাবার সময় গ্যাসে মিশ্রিত জল অনার্দ্র CaO দ্বারা শোষিত হয়। এর পর শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুকে নিম্নদিকে অপসারণ করে গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় (NH_3 পারদের উপরেও সংগৃহীত হতে পারে)।

অ্যামোনিয়ার শুষ্কীকরণ : (i) অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী, কাজেই অ্যাসিডধর্মী নিরুদক দ্রব্য যেমন, গাঢ় H_2SO_4 বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা একে শুষ্ক করা যায় না। গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা অ্যামোনিয়া শোষিত হয়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং P_2O_5 জলের উপস্থিতিতে NH_3 এর সাথে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ফসফেট লবণ উৎপন্ন করে :

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)SO_4\ ;\ 6NH_3+P_2O_5+3H_2O=2(NH_4)_3PO_4$$

(ii) অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহৃত হলেও অ্যামোনিয়া শোষিত হয়ে একটি যুতযৌগ ($CaCl_2.8NH_3$) গঠন করে $CaCl_2+8NH_3=CaCl_2.8NH_3$.

(iii) এই সব কারণে অ্যামোনিয়াকে শুষ্ক করা হয় ক্ষারধর্মী নিরুদক যেমন অনার্দ্র চুন (CaO), কষ্টিক পটাস (KOH) বা কষ্টিক সোডা দ্বারা।]

ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা হাল্কা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5)। গ্যাসটিকে চাপপ্রয়োগে বা শীতলীকৃত করে সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়। অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। O°C উষ্ণতায় 1 আয়তন জলে প্রায় 1150 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়ার ঘন জলীয় দ্রবণকে অ্যামোনিয়াকাল লিকার বলে (এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·৫8 এবং এতে শতকরা প্রায় 35 ভাগ NH_3 থাকে)। অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় এবং লাল লিটমাসকে নীল করে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) অ্যামোনিয়া দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নয়। তবে অ্যামোনিয়া এবং বায়ুর মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করলে অ্যামোনিয়া সবুজাভ হলুদ শিখা সহ জ্বলতে থাকে এবং বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে : $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$.

(2) তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া ভেঙ্গে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি অবশ্য উভমুখী : $2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$.

(3) অ্যামোনিয়া বিজারক দ্রব্য। অনেক জারকদ্রব্যই অ্যামোনিয়াকে জারিত করে :

(ক) কয়েকটি উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করলে অক্সাইড ধাতুতে বিজারিত হয় এবং NH_3 জারিত হয় নাইট্রোজেনে। যেমন, (i) উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হয় লাল ধাতব কপারে : $3CuO+2NH_3 =3Cu+N_2+3H_2O$; (ii) হলুদ বর্ণের লেড মনোক্সাইড বিজারিত হয় ধূসর বর্ণের লেডে : $3PbO+2NH_3=3Pb+N_2+3H_2O$ (এসব ক্ষেত্রে সামান্য NO ও অবশ্য উৎপন্ন হয়)

(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাস এবং অতিরিক্ত বায়ুর মিশ্রণ প্রায় 900° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্লাটিনাম তার জালির উপর দিয়ে দ্রুতগতিতে প্রবাহিত করলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয় : $4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O+$তাপ।

(গ) অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সাথে হ্যালোজেন মৌলগুলির বিক্রিয়ায় NH_3 নাইট্রোজেনে জারিত হয় এবং অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড গঠিত হয় :

যেমন : $2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$

$6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$

$8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl$. ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে বিস্ফোরক দ্রব্য নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $N_2+3Cl_2=2NCl_3$.

ব্রোমিন এবং আয়োডিনের ক্ষেত্রে কোন নাইট্রোজেন ট্রাইহ্যালাইড উৎপন্ন হয় না। ফ্লুওরিনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ট্রাইফ্লুওরাইড স্থায়ী যৌগ।

(4) উত্তপ্ত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করলে ধাতব অ্যামাইড (যথাক্রমে সোডামাইড এবং পটাস অ্যামাইড) এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় : $2M+2NH_3=2MNH_2+H_2$(M=Na বা K)। ধাতব

অ্যামাইড যৌগগুলি জলের সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে আবার NH_3 উৎপন্ন করে :
$NaNH_2+H_2O=NaOH+NH_3$

(5) অ্যামোনিয়া গ্যাস ক্ষারধর্মী। (i) গ্যাসীয় HCl এর সাথে বিক্রিয়ায় NH_3 গ্যাস কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণ গঠন করে, ফলে সাদা ধূমের সৃষ্টি হয়। (ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষিত হয়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ উৎপন্ন করে। (i) $NH_3+HCl=NH_4Cl$, (ii) $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$

(6) অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয়ে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষার উৎপন্ন করে। NH_4OH আয়নে বিয়োজিত হয় সামান্য পরিমাণে : $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^++OH^-$ অর্থাৎ, NH_4OH মৃদু ক্ষার।

(ক) অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় NH_4OH লবণ ও জল গঠন করে :

$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O\ ;\ NH_4OH+HNO_3=NH_4NO_3+H_2O$$

(খ) অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে NH_4OH যোগ করলে (বা NH_3 গ্যাস চালিত করলে) ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন : ফেরিক লবণের দ্রবণে NH_4OH যোগ করলে লালাভ বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সাদা জেলীর ন্যায় অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় :

$$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3+3NH_4Cl\ ;$$
$$Al_2(SO\ )_3+6NH_4OH=2Al(OH)_3+3(NH_4)_2SO_4$$

(গ) কপার লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে প্রথমে কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের নীল অধঃক্ষেপ, পরে নীলাভ সাদা রঙের ক্ষারকীয় কপার সালফেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু অতিরিক্ত NH_4OH-এ ঐ অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে। ঐ দ্রবণে একটি জটিল যৌগ কিউপ্রামোনিয়াম লবণ থাকে :

$$CuSO_4+2NH_4OH=Cu(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$
$CuSO_4+Cu(OH)_2=CuSO_4.\ Cu(OH)_2\downarrow$ [ক্ষারকীয় কপার সালফেট]
$CuSO_4.\ Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4+6NH_4OH=2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O$ কিউপ্রামোনিয়াম সালফেট

সিলভার লবণের দ্রবণে NH_4OH যোগ করলে প্রথমে সিলভার অক্সাইডের সাদা

অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়—সাদা অধঃক্ষেপ অবশ্য অল্পক্ষণের মধ্যে বাদামী বর্ণে রূপান্তরিত হয়। অতিরিক্ত NH_4OH-এ অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে জটিল যৌগ সিলভার অ্যামিন লবণের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে: $2AgNO_3+2NH_4OH=Ag_2O\downarrow$

$+2NH_4NO_3+H_2O$; Ag_2O+4NH_4OH

$=2[Ag(NH_3)_2]OH+3H_2O$.

$2[Ag(NH_3)_2]OH+2NH_4NO_3=2[Ag(NH_3)_2]NO_3$

$+2NH_4OH$. সিলভার অ্যামিন নাইট্রেট

মারকিউরিক লবণের দ্রবণের সাথে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় গঠিত হয় অ্যামাইডো মারকিউরিক লবণের সাদা অধঃক্ষেপ:

$$HgCl_2+2NH_3=Hg(NH_2)Cl+NH_4Cl$$

অ্যামাইডো মারকিউরিক ক্লোরাইড

কিন্তু মারকিউরাস ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়ায় কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। ঐ অধঃক্ষেপে থাকে অ্যামাইডো মারকিউরিক ক্লোরাইড এবং চূর্ণ ধাতব মারকারি:

$$Hg_2Cl_2+2NH_4OH=Hg(NH_2)Cl+Hg+NH_4Cl+2H_2O.$$

অ্যামোনিয়ার সনাক্তকরণ: (1) অ্যামোনিয়া তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। গ্যাসটি HCl গ্যাসের সংস্পর্শে সাদা ধূম উৎপন্ন করে, জলসিক্ত লাল লিটমাসকে নীল করে দেয় এবং বর্ণহীন ফিনলথ্যালিন দ্রবণকে লাল করে।

(2) মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত ফিলটার কাগজকে NH_3 কালো করে দেয়।

(3) বর্ণহীন নেস্‌লার দ্রবণে NH_3 গ্যাস চালিত করলে, হলুদ বা বাদামী বর্ণের দ্রবণ বা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। [নেস্‌লার দ্রবণ হল জটিল যৌগ পটাসিয়াম মারকিউরি আয়োডাইডের (K_2HgI_4) ক্ষারীয় দ্রবণ]

ব্যবহার: (1) বিভিন্ন ধরণের অ্যামোনিয়া ঘটিত কৃত্রিম সার যেমন অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, ইউরিয়া ইত্যাদি প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া বহুল ব্যবহৃত হয়।

(2) নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

(3) তরল অ্যামোনিয়া হিমায়নকার্যে ব্যবহৃত হয় (যেমন, বরফ প্রস্তুতিতে)।

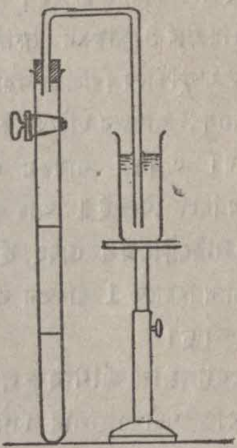
(4) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ এবং বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ বহুল ব্যবহৃত হয়।

(5) বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়ার আয়তনিক সংযুতি ঃ

হফম্যানের পরীক্ষা ঃ একটি লম্বা ফানেল নেওয়া হয়, এর উপরের দিকে একটি স্টপ-কক্ লাগানো আছে। স্টপককের উপরেও নলের কিছুটা অংশথাকে (ফানেলের ন্যায়)। স্টপ-ককের নীচের অংশটি রবারের বন্ধনীর সাহায্যে তিনটি সম-অংশে বিভক্ত করা থাকে (চিত্র ঃ B. 6.2)।

প্রথমে লম্বা নলটির স্টপকক্ খুলে ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা নলটি পূর্ণ করে স্টপকক আটকে দেওয়া হয় এবং স্টপককের উপরের অংশে গাঢ় অ্যামোনিয়ার দ্রবণ নেওয়া হয়।



চিত্র B 6-2 ঃ অফম্যানের পরীক্ষা

এবারে স্টপককটি খুলে দিয়ে অ্যামোনিয়া দ্রবণ বিন্দু বিন্দু করে নলের মধ্যে ফেলা হতে থাকে এবং নলটিকে শীতল করা হয়। নলমধ্যস্থ ক্লোরিন অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়ায় কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

অ্যামোনিয়ার প্রতিটি বিন্দু যোগ করবার সাথে সাথে হলুদাভ-সবুজ শিখার সৃষ্টি হয় এবং সাদা ধূম উৎপন্ন হয় ঃ $2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$; $6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$. বিক্রিয়া শেষে (যখন রঙিন শিখা বা সাদা ধূম আর উৎপন্ন হয় না) স্টপকক বন্ধ করে স্টপককের উপরের অংশে নেওয়া অ্যামোনিয়া দ্রবণ ফেলে দেওয়া হয় এবং নলটিকে ঝাঁকিয়ে কঠিন NH_4Cl নীচে এনে ফেলা হয় এবং (স্টপকক খুলে) সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াকে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। এর পর নলটিকে স্টপককের উপরের অংশের সাথে যুক্ত বায়ু নিরোধক কর্কের মধ্য দিয়ে একটি সাইফন-নলের সাহায্যে ফুটন্ত জলভরা একটি পাত্রের সাথে যুক্ত করা হয়। লম্বা নলটির স্টপককের উপরের অংশ, সাইফন নল সবকিছুই জল দিয়ে ভর্তি করা হয়। লম্বা নলটি জলভর্তি একটি লম্বা জারের মধ্যে বসিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়। সবকিছু এইভাবে সাজিয়ে স্টপককটি খুলে দিলে লম্বা নলের মধ্যে সবেগে জল প্রবেশ করে। জল প্রবেশের পর স্টপকক বন্ধ করে দেওয়া হয় এবং দেখা যায় যে লম্বা নলের মধ্যেকার 2 আয়তন জলদ্বারা ভর্তি হয়েছে। বাকী 1

আয়তনে রয়েছে নাইট্রোজেন গ্যাস। [লম্বা নলের মধ্যে জল প্রবেশ করার কারণ HCl এর জলে দ্রাব্যতা, $\frac{1}{3}$ অংশ ফাঁকা থাকার কারণ নাইট্রোজেনের জলে অদ্রবণীয়তা] এবারে এইভাবে গণনা করা হয়:

পরীক্ষার পূর্বে 3 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস নেওয়া হয়েছিলো। এই 3 আয়তন ক্লোরিনকে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করানো হয়েছে অ্যামোনিয়ার সাথে। এখন, 3 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ঐ তিন আয়তন হাইড্রোজেন অবশ্যই অ্যামোনিয়া থেকে আসে এবং ঐ অ্যামোনিয়া থেকেই 1 আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া গেছে। সুতরাং **অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের আয়তনিক অনুপাত 1 : 3.** অর্থাৎ, অ্যামোনিয়াতে 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত আছে।

অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত:

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান। সুতরাং 3 আয়তন হাইড্রোজেনের গ্যাসে থাকবে $3n$ সংখ্যক অণু (অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী)।

অর্থাৎ, অ্যামোনিয়াতে n সংখ্যক নাইট্রোজেন অণুর সাথে যুক্ত হয় $3n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু বা নাইট্রোজেনের 1টি অণুর সাথে যুক্ত হয় হাইড্রোজেনের 3টি অণু। বা, নাইট্রোজেনের 2টি পরমাণুর সাথে যুক্ত হয় হাইড্রোজেনের 6টি পরমাণু (যেহেতু নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক)। অর্থাৎ, **নাইট্রোজেনের 1 টি পরমাণুর সাথে যুক্ত হয় হাইড্রোজেনের 3টি পরমাণু।** ∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত $(NH_3)_x$। এখন, যেহেতু অ্যামোনিয়ার বাষ্প ঘনত্ব 8·5, সুতরাং এর আণবিক ওজন 17। অর্থাৎ $(14+3)x=17$.

বা, $x=1$. সুতরাং **অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত NH_3.**

ফসফিন (PH_3)

পুরানো জলা জায়গায় অনেক সময় যে 'আলেয়া' দেখা যায়, তার কারণ ঐ স্থানে উৎপন্ন অশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস (P_2H_4 মিশ্রিত) স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুর সংস্পর্শে জলে ওঠে। ঐ ফসফিন মাটিতে বর্তমান ফসফেট যৌগসমূহের ব্যাকটেরিয়া দ্বারা বিজারণের ফলেই উৎপন্ন হয়। প্রোটিনের পচনের ফলেও ফসফিন উৎপন্ন হয়।

প্রস্তুতি: (1) শ্বেত বা লোহিত ফসফরাস হাইড্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করে সামান্য পরিমাণ ফসফিন পাওয়া যায়। (2) জিঙ্ক এবং লঘু সালফিউরিক

অ্যাসিড মিশ্রণে শ্বেত ফসফরাস যোগ করলেও জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা শ্বেত ফসফরাসের বিজারণে ফসফিন উৎপন্ন হয় :

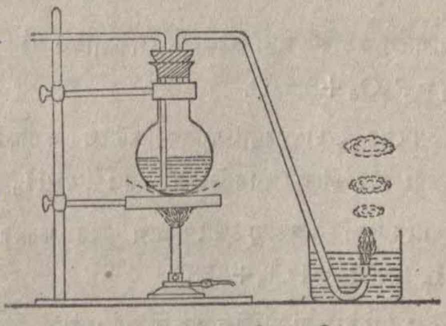
$$6Zn+6H_2SO_4=6ZnSO_4+12H\ ;\ P_4+12H=4PH_3$$

(2) **পরীক্ষাগারে** বায়ুর অনুপস্থিতিতে শ্বেত ফসফরাসকে গাঢ় পটাসিয়াম বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ বা আর্দ্র কলিচুন বা বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$P_4+3NaOH+3H_2O=3NaH_2PO_2+PH_3$ (KOH এর সাথে বিক্রিয়া একইরূপ: $2P_4+3Ca(OH)_2+6H_2O=3Ca(H_2PO_2)_2+2PH_3$

ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট

আগম ও নির্গম নল যুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে শ্বেত ফসফরাস কুচি এবং গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণের মিশ্রণ নেওয়া হল। ফ্লাস্কের মধ্যেকার বায়ু কোল গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হল। আগম নলটির সাহায্যে কোল গ্যাস প্রবেশ করানো হয়, নলটি দ্রবণে ডুবে থাকে। নির্গম নলের অপর মুখটি একটি জলপূর্ণ পাত্রের জলের



চিত্র B. 6. 3 : ফসফিন প্রস্তুতি

নীচে ডুবিয়ে রাখা হল। এর পর ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হল। চিত্র (B 6.3)। ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে জলের মধ্য থেকে প্রতিটি বুদ্‌বুদ্‌ বাইরে এসেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে উজ্জ্বল আলোর ঝল্‌কানি সহ জ্বলে ওঠে এবং সাদা ধোঁয়ার বলয় উৎপন্ন করে। (সাদা ধোঁয়া সূক্ষ্ম মেটাফসফরিক অ্যাসিড কণা) অশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কিউপ্রাসক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত করে এবং পরে ঐ দ্রবণ উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস পাওয়া যায়। ঐ গ্যাস কষ্টিকপটাস এবং P_2O_5 এর মধ্য দিয়ে চালিত করে শুষ্ক করা হয়। [অশুদ্ধ ফসফিনে P_2H_4 থাকে ($6P+4NaOH+4H_2O=P_2H_4+4NaH_2PO_2$)। ঐ P_2H_4 বর্তমান থাকার জন্যই ফসফিন বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে।

বিশুদ্ধ ফসফিন বায়ুতে জ্বলে ওঠে না। P_2H_4 অশুদ্ধি মিশ্রিত ফসফিন হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U নলের মধ্য দিয়ে পাঠালে P_2H_4 ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়, বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস বেরিয়ে আসে, ঐ গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়।]

এছাড়া ফসফিন প্রস্তুত করা যায় :

(4) ফসফরাস অ্যাসিড উত্তপ্ত করে : $4H_3PO_3=3H_3PO_4+PH_3$.

(5) অ্যালুমিনিয়াম ফসফাইড এবং লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় :

$2\,AlP+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+2PH_3$.

(6) 30% KOH দ্রবণ সহযোগে ফসফোনিয়াম আয়োডাইড উত্তপ্ত করে :

$PH_4I+KOH=KI+H_2O+PH_3$;

ধর্ম : (1) ফসফিন পচা মাছের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী, জলে স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না। অশুদ্ধ ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুতে জ্বলে ওঠে, কিন্তু বিশুদ্ধ ফসফিন এরূপ করে না।

(২) বায়ুতে জ্বালালে ফসফিন জ্বলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড গঠন করে :

$2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$.

(3) ফসফিন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ ঘটালে ফসফিন বিযোজিত হয়ে লোহিত ফসফরাস এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে : $4PH_3=P_4+6H_2$.

(4) ক্লোরিন গ্যাসে ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে উঠে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$.

(5) ফসফিন এবং নাইট্রাস বা নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ ঘটালে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটে এবং ফসফরিক অ্যাসিড এবং N_2 উৎপন্ন হয় :

$PH_3+4NO=H_3PO_4+2N_2$; $PH_3+4N_2O=H_3PO_4+4N_2$.

(6) হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের সাথে ফসফিনের বিক্রিয়ায় ফসফোনিয়াম লবণ গঠিত হয়। এর থেকে ফসফিনের ক্ষারকীয় ধর্মের প্রমাণ মেলে : $PH_3+HX=PH_4X$ ($X=Cl, Br, I$).

(7) অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে ফসফিন গ্যাস চালিত করলে ধাতব ফসফাইড যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন, অম্লীকৃত কপার সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালিত করলে কালো কপার ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$3CuSO_4+2PH_3=Cu_3P_2\downarrow+3H_2SO_4.$$

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় প্রথমে হলুদ বর্ণের সিলভার ফসফাইড ও সিলভার নাইট্রেটের একটি মিলিত যৌগ গঠিত হয়। কিন্তু শেষ পর্যন্ত ধূসর বর্ণের ধাতব সিলভার অধঃক্ষিত হয় :

$$6AgNO_3 + PH_3 = Ag_3P.\ 3AgNO_3 + 3HNO_3.$$

$$Ag_3P.\ 3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3.$$

ব্লিচিং পাউডার দ্রবণ দ্বারা ফসফিন গ্যাস সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

আণবিক সংকেত : ফসফিন গ্যাসে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ ঘটালে লোহিত ফসফরাস এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় ($4PH_3 = P_4 + 6H_2$)—1 আয়তন ফসফিন গ্যাস থেকে $\frac{3}{2}$ আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। মনে করি, 1 আয়তন ফসফিনে n সংখ্যক অণু বর্তমান, সুতরাং $\frac{3}{2}$ আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে বর্তমান $\frac{3}{2}$ n সংখ্যক অণু (একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায়—অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পানুযায়ী)। অর্থাৎ, ফসফিনের 1 টি অণুতে হাইড্রোজেনের $\frac{3}{2}$টি অণু বা 3টি পরমাণু আছে। ∴ ফসফিনের আণবিক সংকেত P_xH_3 (x = P পরমাণুর সংখ্যা)। এখন, ফসফিনের বাষ্প ঘনত্ব 17 ; ∴ আণবিক ওজন = 34.—অর্থাৎ, $31x + 3 = 34$ বা, $x = 1$. ∴ ফসফিনের আণবিক সংকেত PH_3।

নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের হাইড্রাইড যৌগ : তুলনা

নাইট্রোজেন এবং ফসফরাস উভয়েই RH_3 (R = N বা P) এই ধরণের সংকেত বিশিষ্ট বর্ণহীন সমযোজী হাইড্রাইড, যথাক্রমে অ্যামোনিয়া NH_3 এবং ফসফিন PH_3 গঠন করে। (এ ছাড়াও অবশ্য নাইট্রোজেন আরও দুটি হাইড্রাইড যথা হাইড্রাজিন N_2H_4 এবং হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড HN_3 গঠন করে এবং ফসফরাসও আর একটি হাইড্রাইড P_2H_4 গঠন করে, এগুলি এখানে আলোচিত হল না)।

N এবং P উভয়েই মেণ্ডেলিয়েভের পর্যায় সারণীর একই গ্রুপের মৌল হওয়ায় এদের হাইড্রাইড যৌগের ধর্মে কিছু সাদৃশ্য দেখা যায় বা ধর্মের পরিবর্তন হলেও, ঐ পরিবর্তন হয় নির্দিষ্টভাবে।

নাইট্রোজেন থেকে ফসফরাসে অধাতব ধর্ম কমে আসবার ফলে NH_3 অপেক্ষা PH_3 এর তাপীয় স্থায়িত্ব অনেক কম। NH_3 গ্যাস বিযোজিত হয় প্রায় 1300° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে, কিন্তু PH_3 কে 440° সে. এ উত্তপ্ত করলেই ভেঙ্গে যায়। NH_3 মৃদু ক্ষারক, এর জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে, NH_3 অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। PH_3 এর জলীয় দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না, তবে ফসফিন কয়েকটি অ্যাসিডের সাথে ফসফোনিয়াম লবণ

গঠন করে, যা থেকে PH_3 এর মৃদু ক্ষারকীয় ধর্ম প্রমাণিত হয়। NH_3 এবং PH_3 এর কয়েকটি তুলনীয় ধর্ম নীচের তালিকায় দেখানো হল :

ধর্ম	অ্যামোনিয়া	ফসফিন
(1) বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা	বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ যুক্ত গ্যাস	বর্ণহীন, পচা মাছের গন্ধযুক্ত গ্যাস
(2) জলে দ্রাব্যতা	অতিমাত্রায় দ্রাব্য	স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য
(3) বায়ুর সাথে বিক্রিয়া	বায়ুতে জ্বালালে সবুজাভ হলুদ শিখাসহ জ্বলে N_2 উৎপন্ন করে : $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$	অশুদ্ধ অবস্থায় বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবেই জ্বলে ওঠে, বায়ুতে জ্বালালে জ্বলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড গঠন করে। $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$.
(4) ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া	অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী থাকলে NH_4Cl ও N_2 গঠিত হয়, Cl_2 এর পরিমাণ অতিরিক্ত হলে বিস্ফোরক দ্রব্য NCl_3 উৎপন্ন হয় : $8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl$; $N_2+3Cl_2=2NCl_3$	ক্লোরিনে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে : $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$
(5) বিজারণ ধর্ম	অনেক উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড NH_3 দ্বারা ধাতুতে বিজারিত হয় : $2NH_3+3PbO=3Pb+N_2+3H_2O$	এরও বিজারণ ধর্ম আছে। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে সিলভারে বিজারিত করে : $6AgNO_3+PH_3+3H_2O=6Ag+6HNO_3+H_3PO_3$
(6) কপার সালফেট দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া	প্রথমে নীলাভ সাদা বর্ণের ক্ষারকীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু অতিরিক্ত NH_3 পাঠালে, অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয় : বিক্রিয়া : পৃ: 329 দ্রষ্টব্য	অম্লীকৃত দ্রবণ থেকে কালো কপার ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় : $3CuSO_4+2PH_3=Cu_3P_2+3H_2SO_4$

হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S)

প্রস্তুতি : (1) ফুটন্ত সালফারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করে সামান্য পরিমাণ H_2S পাওয়া যায়। তবে পিউমিস পাথর অনুঘটকের উপস্থিতিতে সালফার বাষ্প এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে যথেষ্ট পরিমাণে বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যায় : $H_2+S=H_2S$.

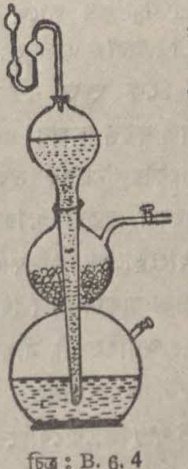
(2) সালফার চূর্ণ জল দিয়ে ফোটালে খুব অল্প পরিমাণে H_2S পাওয়া যায় :
$4S+4H_2O \rightleftharpoons 3H_2S+H_2SO_4$. বিক্রিয়া উভমুখী।

(3) **পরীক্ষাগারে** সাধারণ উষ্ণতায় ফেরাস সালফাইডের সাথে লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 দ্রবণের বিক্রিয়াদ্বারা H_2S প্রস্তুত করা হয় :

$FeS+2HCl=FeCl_2+H_2S$; $FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$.

দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি উল্ফ বোতলে কিছু ফেরাস সালফাইডের টুকরো নেওয়া হয় এবং দীর্ঘনল ফানেল থেকে লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করা হয়। নির্গমনল দিয়ে H_2S গ্যাস বেরিয়ে আসে। ঐ গ্যাস বায়ুর উর্ধ্ব দিকে অপসারণ দ্বারা বা গরম জলের নিম্নদিকে অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে হামেশাই H_2S এর প্রয়োজন হয়। সেজন্য এই গ্যাসটিকে প্রয়োজনমত উৎপন্ন এবং প্রয়োজন না হলে উৎপাদন বন্ধ রাখবার জন্য গ্যাসটির প্রস্তুতি ঘটানো হয় কিপের যন্ত্রে। যন্ত্রের মাঝের গোলকে কিছু ফেরাস সালফাইড টুকরো নেওয়া হয়। মাঝের গোলকের সাথে যুক্ত নির্গম-নলটির স্টপকক বন্ধ রাখা হয়। উপরের গোলকের সাথে যুক্ত ফানেলের মাধ্যমে লঘু HCl (1 : 3) বা লঘু H_2SO_4 (1 : 6) ঢালা হয়। ঐ অ্যাসিড উপরের গোলক থেকে নীচের গোলকে নেমে এসে মাঝের গোলকে উঠে এসে ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসামাত্র H_2S উৎপন্ন হতে থাকে। H_2S গ্যাসের যখন প্রয়োজন হয়, তখন নির্গমনলের স্টপকক খুলে দেওয়া হয়, সঙ্গে সঙ্গে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয়, ঐ গ্যাস নির্গমনল দিয়ে বেরিয়ে আসে। গ্যাসের প্রয়োজন না থাকলে নির্গমনলের স্টপককটি বন্ধ করে দেওয়া হয়।



চিত্র : B. 6. 4
কিপের যন্ত্রে H_2S প্রস্তুতি ও সংরক্ষণ

এদিকে উৎপন্ন H_2S গ্যাসের চাপে মাঝের গোলক থেকে অ্যাসিড নীচের গোলকে নেমে আসে। অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসতে না পারার জন্য বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। নির্গমনল খুলে দিলে পুনরায় অ্যাসিড মাঝের গোলকে উঠে এসে ফেরাস সালফাইডের সাথে বিক্রিয়ায় আবার H_2S উৎপন্ন হতে থাকে এবং নির্গঃনল দিয়ে বাইরে বেরিয়ে আসতে থাকে। এইভাবেই পরীক্ষাগারে H_2S উৎপাদিত ও সঞ্চিত হয়ে থাকে। উৎপন্ন H_2S গ্যাসকে জলভরা ধৌতপাত্রের মধ্য দিয়ে চালিত করে একে ব্যবহার করা হয়। ঐ H_2S এর সাথে অবশ্য কিছু H_2 মিশ্রিত থাকে, তবে সাধারণ পরীক্ষার কাজে তাতে এমন কিছু ক্ষতি হয় না।

বিশুদ্ধিকরণ : জলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড চূর্ণ প্রলম্বিত করে সেই মিশ্রণের মধ্য দিয়ে অশুদ্ধ H_2S চালিত করলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোসালফাইড দ্রবণ উৎপন্ন হয় : $MgO+2H_2S \rightleftharpoons Mg(HS)_2+H_2O$ ঐ দ্রবণকে 60°C এ উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যায়।

(4) CaS এবং HCl এর বিক্রিয়াতেও বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$CaS+2HCl=CaCl_2+H_2S$$

শুষ্কীকরণ : (1) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা H_2S কে শুষ্কীকৃত করা যায় না। কারণ গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা H_2S জারিত হয় S এ ($H_2SO_4+H_2S=S+SO_2+2H_2O$)।

(2) $CaCl_2$ এর সাথে জলের উপস্থিতিতে H_2S এর কিছুটা বিক্রিয়া ঘটে। কাজেই $CaCl_2$ দ্বারাও একে শুষ্ক করা ঠিক নয়।

(3) **H_2Sকে শুষ্ক করা যায় বিশুদ্ধ এবং অনার্দ্র P_2O_5 এর মধ্য দিয়ে চালিত করে অথবা অনার্দ্র অ্যালুমিনা (Al_2O_3) দ্বারা।**

(4) ক্ষারকীয় নিরুদক দ্রব্য H_2S এর শুষ্কীকরণে ব্যবহৃত হতে পারে না ; কারণ H_2S অ্যাসিডধর্মী, সুতরাং ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়ায় লবণ গঠন করে।

ধর্ম : হাইড্রোজেন সালফাইড পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন বিষাক্ত গ্যাস। ঠাণ্ডা জলে এর দ্রাব্যতা মাঝামাঝি (বেশীও নয়, একেবারে কমও নয়), গরম জলে অদ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিডধর্মী, নীল লিটমাসকে সামান্য লাল করে। সেইজন্য H_2S কে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়। H_2S এর জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে দ্রবীভূত H_2S সম্পূর্ণভাবে বেরিয়ে আসে।

(1) H_2S এর মধ্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ ঘটালে বা উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপর H_2S চালিত করলে H_2S ভেঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং সালফার দেয় :

$$H_2S=H_2+S.$$

(2) H_2S নিজে দাহ্য, কিন্তু দহনের সহায়ক নয়। বায়ুতে জ্বালালে H_2S নীল শিখাসহ জ্বলে সালফার উৎপন্ন করে যদি অক্সিজেনের পরিমাণ অতিরিক্ত না হয় : $2H_2S+O_2=2H_2O+S$। অক্সিজেনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2.$$

(3) ক্লোরিন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়ায় সালফার এবং সালফার মনোক্লোরাইড গঠিত হয় : $H_2S+Cl_2=S+2HCl$; $2H_2S+3Cl_2=S_2Cl_2+4HCl$.

(4) H_2S এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী, H_2S দ্বিক্ষারীয় মৃদু অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে—ইহা দুটি পর্যায়ে বিয়োজিত হয় : $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$; $HS^- \rightleftharpoons H^+ + S''$.

জলীয় দ্রবণে ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় H_2S হাইড্রোসালফাইড বা সালফাইড লবণ গঠন করে : $NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$; $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$.

$$Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O,\ Ca(OH)_2+H_2S=CaS+2H_2O.$$

$$NH_4OH+H_2S=NH_4HS+H_2O;\ 2NH_4OH+H_2S=(NH_4)_2S+2H_2O.$$

অনেক উত্তপ্ত ধাতুর সাথে হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়াতেও ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়। যেমন, উত্তপ্ত টিন, কপার বা মারকারির উপর H_2S চালালে যথাক্রমে হলুদ টিন সালফাইড, কালো কিউপ্রিক সালফাইড এবং কালো মারকিউরিক সালফাইড গঠিত হয়।

(5) **বিজারণ ধর্ম :** হাইড্রোজেন সালফাইড অনেক জারকদ্রব্য দ্বারা সহজেই জারিত হয়, অর্থাৎ এটি একটি উত্তম বিজারক দ্রব্য। (i) H_2S বিজারিত করে : (ক) হলুদ বর্ণের অম্লীকৃত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে, (খ) গোলাপী বর্ণের অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে, (গ) কমলা বর্ণের অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ বর্ণের ক্রোমিক লবণে,—প্রতি ক্ষেত্রেই H_2S নিজে সালফারে জারিত হয় : (ক) $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+S+2HCl$.

(খ) $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S.$

(গ) $K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2S=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+3S+7H_2O.$

(ii) ক্লোরিন-জল, ব্রোমিন-জল (লাল বর্ণ) এবং আয়োডিনের জলীয় দ্রবণে (হলুদ বর্ণ) [বা জলে আয়োডিন প্রলম্বিত করে সেই জলে] H_2S চালালে যথাক্রমে হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রায়ডিক অ্যাসিডের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়, H_2S সবক্ষেত্রেই সালফারে জারিত হয় : $X_2+H_2S=S+2HX(X=Cl, Br, I)$। ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে H_2S জারিত হয় সালফিউরিক অ্যাসিডে : $H_2S+4Cl_2+4H_2O=H_2SO_4+8HCl$.

(iii) H_2S এর জলীয় দ্রবণে সালফারডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করলে সাধারণ অবস্থায় SO_2 বিজারিত এবং H_2S জারিত হয় সালফারে : $2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$। কিন্তু $0°C$ উষ্ণতায় H_2S দ্রবণে দ্রবণ সম্পৃক্ত না হওয়া পর্যন্ত SO_2 চালালে ঘোলাটে একটি দ্রবণ উৎপন্ন হয়, ঐ দ্রবণকে বলে ওয়াকেনরডারের দ্রবণ —এই দ্রবণে কলয়ডীয় সালফার ছাড়াও আরও অনেক পদার্থ থাকে, যাদের মধ্যে প্রধান হচ্ছে পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিড : $2H_2S+4SO_2=H_2S_5O_6+H_2O+S$.

পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিড

(6) **পরীক্ষাগারে বিকারক :** গুণগত বিশ্লেষণে (Qualitative analysis) ধাতব মূলক সনাক্তকরণে H_2S বহুল ব্যবহৃত হয়। অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে H_2S চালিত করলে ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, ঐ সালফাইডগুলি বিভিন্ন বর্ণের হতে পারে এবং ঐ বর্ণ দেখে অনেকক্ষেত্রে ধাতবমূলক সনাক্তকরণ সম্ভবপর।

(i) কিছু ধাতব লবণের দ্রবণে আম্লিক মাধ্যমে H_2S প্রবাহিত করলে অদ্রাব্য সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। (ii) কিছু ধাতব লবণের দ্রবণে ক্ষারীয় মাধ্যমে H_2S প্রবাহিত করলে অদ্রাব্য সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু আম্লিক মাধ্যমে H_2S চালালে অধঃক্ষেপ আসে না। এবং

(iii) অবশিষ্ট ধাতুগুলির লবণের দ্রবণে কোন মাধ্যমে H_2S প্রবাহিত করলেই অধঃক্ষেপ আসে না, অর্থাৎ ঐ ধাতব সালফাইডগুলি দ্রবণীয়।

(i) লঘু HCl দ্বারা অম্লীকৃত (ক) কপার, লেড, মারকিউরিক লবণের দ্রবণে H_2S চালালে প্রতিক্ষেত্রেই কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় (কপার—, লেড—, এবং মারকিউরিক সালফাইডের), (খ) ক্যাডমিয়াম, বিসমাথ, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি এবং টিন লবণের দ্রবণে H_2S প্রবাহিত করলে যথাক্রমে হলুদ, বাদামী, হলুদ, কমলা এবং বাদামী বর্ণের ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$CuSO_4+H_2S=CuS+H_2SO_4$, $Pb(NO_3)_2+H_2S=PbS+2HNO_3$,
$HgCl_2+H_2S=HgS+2HCl$, $CdCl_2+H_2S=CdS+2HCl$.

$2Bi(NO_3)_3+3H_2S=Bi_2S_3+6HNO_3$, $2AsCl_3+3H_2S=As_2S_3+6HCl$.

$2SbCl_3+3H_2S=Sb_2S_3+6HCl$, $SnCl_2+H_2S=SnS+2HCl$.

(ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যুক্ত (ক্ষারীকৃত) জিঙ্ক, ম্যাঙ্গানাস, নিকেল এবং কোবাল্ট লবণের দ্রবণে H_2S প্রবাহিত করলে যথাক্রমে সাদা, গোলাপী এবং কালো (শেষের দুটি ক্ষেত্রেই) অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় :

$NH_4OH+H_2S=NH_4HS+H_2O$; $ZnSO_4+NH_4HS+NH_3=ZnS+(NH_4)_2SO_4$; $MnCl_2+NH_4HS+NH_3=MnS+2NH_4Cl$.

$NiCl_2+NH_4HS+NH_3=NiS+2NH_4Cl$; $Co(NO_3)_2+NH_4HS+NH_3=CoS+2NH_4NO_3$.

ফেরাস লবণের ক্ষেত্রে কালো ফেরাস সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$FeSO_4+NH_4HS+NH_3=FeS+(NH_4)_2SO_4$.

সনাক্তকরণ : (1) H_2S এর গন্ধ পচা ডিমের ন্যায়, (2) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে H_2S কালো করে দেয় ; কারণ কালো লেড সালফাইড উৎপন্ন হয় $Pb(CH_3COO)_2+H_2S=PbS+2CH_3COOH$; (3) কষ্টিক সোডা দ্রবণে H_2S শোষিত করে বর্ণহীন ঐ দ্রবণে সদ্যপ্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণের 2 – 1 ফোঁটা যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়ে যায়।

ব্যবহার : (1) ধাতুমূলক সনাক্তকরণে পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (2) বিভিন্ন সালফাইড ও হাইড্রোসালফাইড লবণ প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের হাইড্রাইড যৌগ : ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের হাইড্রাইড যথাক্রমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড। তিনটি হাইড্রাইডই সমযোজী যৌগ এবং সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয়। হ্যালোজেন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বেড়ে যাবার সাথে সাথে এদের হাইড্রাইড যৌগের তাপীয় স্থায়িত্ব (thermal stability) কমে যায়, অর্থাৎ HCl এর তাপীয় স্থায়িত্ব সবচাইতে বেশী এবং HI এর সবচাইতে কম। তিনটি হাইড্রাইডই জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে এরা সম্পূর্ণভাবে আয়নে বিয়োজিত হয় : $HX \rightleftharpoons H^++X^-$ (X = Cl, Br, I)-এরা একক্ষারীয় অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।

এই হাইড্রাইডগুলির জলীয় দ্রবণই সাধারণতঃ হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রায়ডিক অ্যাসিড হিসাবে পরিচিত। আণবিক ওজন বৃদ্ধির সাথে সাথে অ্যাসিড-শক্তি বেড়ে যায়। অর্থাৎ অ্যাসিড তিনটির মধ্যে HI তীব্রতম এবং HCl এর অ্যাসিড-শক্তি সবচাইতে কম।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় সাধারণতঃ ক্লোরাইড লবণের সাথে ঘন H_2SO_4 এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে: $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$ (150–200° সে. এ) কিন্তু HBr এবং HI এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় না, কারণ ব্রোমাইড আয়ন এবং আয়োডাইড আয়ন ঘন H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয়ে যথাক্রমে ব্রোমিন এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে। HBr এবং HI প্রস্তুত করা হয় লাল ফসফরাস, হ্যালোজেন মৌল এবং জল এর মিলিত বিক্রিয়ায়: $2P+3X_2=2PX_3$.

$$2PX_3+6H_2O=2H_3PO_3+6HX \text{ (X=Br বা I.)}$$

HCl, HBr এবং HI এর কয়েকটি ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল:

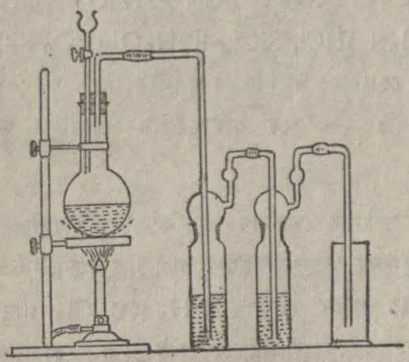
	HCl	HBr	HI
বর্ণ	বর্ণহীন	বর্ণহীন	বর্ণহীন
গলনাংক °সে.	−111·4	−86·9	−50·8
স্ফুটনাংক °সে.	−85	−66·7	−35·4
গ্যাসের উৎপাদনীয় তাপ (ক্যালরি) (Heat of formation)	22,000	8000	−6000
বাষ্পীয় ঘনত্ব	18·23	40·5	64
আণবিক ওজন	36·46	81	128

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)

আগ্নেয়গিরি-সঞ্জাত গ্যাসে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যায়, দ্রবীভূত অবস্থায় পাওয়া যায় নদীর জলে, প্রাণীদেহের গ্যাসট্রিক রসে HCl থাকে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রাচীন নাম মিউরিয়াটিক অ্যাসিড।

প্রস্তুতি: (1) **পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড** (গ্যাস) প্রস্তুত করা হয় সাধারণ লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে সামান্য উত্তপ্ত করে: $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$ (নিম্নতর তাপমাত্রায়); $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$ (500°C এর উপরে)। পরীক্ষাগারে প্রথম বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

বিন্দুপাতী-ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত গোলতল কাচের ফ্লাস্কে কিছু পরিমাণ সাধারণ লবণ নিয়ে বিন্দুপাতী-ফানেল থেকে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হয় এমনভাবে যাতে লবণ অ্যাসিডদ্বারা আবৃত থাকে (সাধারণতঃ যত গ্রাম লবণ নেওয়া হয়, তত মি.লি. অ্যাসিড যোগ করা হয়)। HCl গ্যাস নির্গত হয়। বিক্রিয়ার গতি কমে এলে ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়, ফলে আরও গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করিয়ে শুষ্ক করা হয় এবং শুষ্ক গ্যাসজারে



চিত্র B. 6.5

বায়ুর উর্ধ্বমুখী অপসারণ পদ্ধতিতে (চিত্র : B. 6. 5.) অথবা পারদ অপসারণ দ্বারা সংগৃহীত করা হয়। **HCl এর জলীয় দ্রবণ** প্রস্তুত করতে হলে, ফ্লাস্ক থেকে নির্গত HCl গ্যাস প্রথমে একটি শূন্য পাত্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে একটি জলভরা পাত্রের মধ্যে চালিত করা হয় এমনভাবে যাতে একসাথে খুব বেশী পরিমাণ গ্যাস জলে প্রবেশ না করে, কারণ HCl জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। তাই একসাথে বেশী পরিমাণ HCl জলে দ্রবীভূত হতে গেলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। HCl দ্রবীভূত করবার সময় দ্রবণটিকে মাঝে মাঝে নেড়ে দেওয়া প্রয়োজন।

দ্রষ্টব্য : (1) HCl প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4 এর পরিবর্তে গাঢ় HNO_3 ব্যবহৃত হতে পারে না,
কারণ HCl গাঢ় HNO_3 দ্বারা জারিত হয় ক্লোরিনে। তাছাড়া HCl, HNO_3 অপেক্ষা তীব্রতর অ্যাসিড। মৃদুতর অ্যাসিড দ্বারা তীব্রতর অ্যাসিডের যৌগ থেকে তীব্রতর অ্যাসিডটিকে সাধারণত প্রতিস্থাপিত করা যায় না। তীব্রতর অ্যাসিড এবং অনুদ্বায়ী হওয়ায় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়। (2) HCl শুষ্কীকরণে P_2O_5 ব্যবহৃত হতে পারে না,

কারণ ফসফরাস পেন্টাক্সাইড HCl কে ধীরে ধীরে শোষণ করে। HCl আম্লিক বলে ক্ষারীয় শুষ্কীকারক দ্রাব্য যেমন চুন ইত্যাদি দ্বারা শুষ্ক করা যায় না।

(2) সাধারণ লবণ ছাড়াও অন্যান্য অনেক ধাতব ক্লোরাইড লবণ যেমন KCl, NH_4Cl, $CaCl_2$ $MgCl_2$ ইত্যাদি গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করেও HCl পাওয়া যায়।

(3) সমযোজী ক্লোরাইড যৌগের সাথে জলের বিক্রিয়ায়, যৌগগুলির আর্দ্র-বিশ্লেষণ ক্রিয়ায় HCl উৎপন্ন হয়: যেমন: $BCl_3+3H_2O=B(OH)_3+3HCl$ $PCl_3+3H_2O=P(OH)_3+3HCl$, $SiCl_4+2H_2O=SiO_2+4HCl$.

(4) হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের সমআয়তন গ্যাসীয় মিশ্রণ সূর্যালোকের প্রভাবে বা তাপের প্রভাবে সরাসরি যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে: $H_2+Cl_2=2HCl$.

শিল্প-পদ্ধতি: (1) কাষ্টনার কেলনার 'পদ্ধতিতে' কষ্টিকসোডা প্রস্তুতিকালে (NaCl এর ঘন জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা) হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন গ্যাস উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। ঐ H_2 এবং Cl_2 গ্যাসের সমায়তন মিশ্রণ সিলিকা নির্মিত বৃহৎ প্রকোষ্ঠে জ্বালিয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। ঐ গ্যাস পাতিত জলে দ্রবীভূত করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

(2) সাধারণ লবণ গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সোডিয়াম সালফেট বা সল্টকেকের শিল্প প্রস্তুতি কালে উপজাত পদার্থ হিসাবে HCl গ্যাস পাওয়া যায়: $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$. ঐ গ্যাস লোহার পাইপের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঠাণ্ডা করে কোকপূর্ণ পাথরের তৈরী স্তম্ভের মধ্যে পাঠানো হয়। ঐ স্তম্ভে শীতল জলধারায় গ্যাসটি শোষিত করে হলুদাভ বর্ণের বাণিজ্যিক HCl পাওয়া যায়।

ধর্ম: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে প্রতি 100 c. c. দ্রবণে প্রায় 39 c. c. HCl থাক, এই দ্রবণের ঘনত্ব 1·2 (অর্থাৎ দ্রবণের তুল্যাঙ্কমাত্রা প্রায় 12)। HCl গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী। আর্দ্র বায়ুতে HCl গ্যাস ধূমায়িত হয় (শুষ্ক বায়ুতে নয়)।

রাসায়নিক ধর্ম: (1) তাপমাত্রার প্রভাবে বা বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গদ্বারা HCl, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনে বিযোজিত হয়: $2HCl=H_2+Cl_2$.

(2) HCl গ্যাস দাহ্য নয় এবং দহনের সহায়কও নয়। তবে জ্বলন্ত সোডিয়াম ধাতু HCl গ্যাসে জ্বলতে থাকে। $2Na+2HCl=2NaCl+H_2$.

(3) HCl এর জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী, জলীয় দ্রবণে HCl আয়নে বিয়োজিত হয়: $HCl+H_2O \rightleftharpoons H^+{}_3O+Cl^-$.

(হাইড্রোনিয়াম আয়ন)

অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অবশ্য অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে না। তড়িৎবিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু লঘু HCl দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে এবং নিম্নতর যোজ্যতার ধাতব ক্লোরাইড গঠিত হয়। লেড অবশ্য এই ধরণের বিক্রিয়া করে না। কারণ লেডের উপর অদ্রাব্য লেড ক্লোরাইডের আস্তরণ পড়ায় বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। অবশ্য উত্তপ্ত গাঢ় HCl দ্রবণের সাথে লেডের বিক্রিয়ায় ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন নির্গত হয়:

$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$; $2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$;

$Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$

ক্ষার বা ক্ষারকের সাথে HCl **দ্রবণের** বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড লবণ ও জল উৎপন্ন হয়:

$CaO+2HCl=CaCl_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) $+H_2O$; $CuO+2HCl=CuCl_2+H_2O$; $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$; $NH_3+HCl=NH_4Cl$. সালফাইট এবং কার্বনেট লবণের সাথে HCl দ্রবণের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (দুটিই বর্ণহীন) উৎপন্ন হয়:

$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2$;

$CaSO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+SO_2$.

(4) ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড, লেড ডাইঅক্সাইড, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, গাঢ় HNO_3 পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ইত্যাদি দ্বারা HCl ক্লোরিনে জারিত হয়। (ক্লোরিন-প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)

(5) দ্রাব্য লেড, সিলভার ও মারকিউরাস লবণের দ্রবণে HCl দ্রবণ যোগ করলে ক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়; $Pb(NO_3)_2+2HCl=PbCl_2\downarrow+2HNO_3$. $AgNO_3+HCl=AgCl\downarrow+HNO_3$; $Hg_2(NO_3)_2+2HCl=Hg_2Cl_2\downarrow+2HNO_3$.

1. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনমাত্রিক সংযুতি: হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তা এইরূপ:

একটি কাচের নল দুটি সমান অংশে (A ও B) বিভক্ত, অংশ দুটি একটি স্টপ ককের মাধ্যমে যুক্ত, প্রতিটি অংশের অন্য প্রান্তে স্টপকক্ থাকে (চিত্র B 6.6.) একটি অংশ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা এবং অপর অংশটি শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন গ্যাস-দ্বারা ভর্তি করা হয়, প্রান্তের স্টপকক দুটি বন্ধ করে দেওয়া হয় এবং দুটি অংশের মধ্যেকার স্টপককটি খুলে দিয়ে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন মিশিয়ে দেওয়া হয়। মিশ্রণটি



চিত্র : B. 6.6

বিচ্ছুরিত সূর্যালোকে কয়েকঘণ্টা রেখে দিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। কাচনলটি শীতল করে একটি প্রান্ত পারদের মধ্যে রেখে, যন্ত্রটিকে লম্বভাবে দাঁড় করিয়ে ঐ প্রান্তের স্টপককটি খুলে দিলেও পারদ যন্ত্রের যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করে না। এর থেকে বোঝা যায় হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নি। এর পর স্টপ ককটি বন্ধ করে যন্ত্রটি পারদের মধ্য থেকে তুলে নিয়ে জলের মধ্যে ঠিক আগের মতোই রেখে আগের মতোই ঐ প্রান্তের স্টপককটি খুলে দেওয়া হয়। এবারে দেখা যায় জল যন্ত্রটির মধ্যে প্রবেশ করে এবং এটি সম্পূর্ণভাবে জলদ্বারা ভর্তি হয়ে যায়। এর কারণ, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করেছে, এবং উৎপন্ন গ্যাস জলে খুবই দ্রাব্য হওয়ায় নলটিতে জল ঢুকে ঐ গ্যাসটিকে দ্রবীভূত করেছে, জলীয় দ্রবণ যে HCl এরই, তা বোঝা যায় ঐ দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করে—যার ফলে AgCl-এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ঐ অধঃক্ষেপ HNO_3 এ অদ্রাব্য কিন্তু NH_4OH এ দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন নেই কারণ হাইড্রোজেন জলে অদ্রাব্য, দ্রবণে মুক্ত ক্লোরিনের উপস্থিতিরও কোন প্রমাণ পাওয়া যায় না। অর্থাৎ, পরীক্ষাটি থেকে এই সিদ্ধান্তেই উপনীত হতে হয় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়)।

সংকেত : মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসে n সংখ্যক অণু এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 2n সংখ্যক অণু বর্তমান। অর্থাৎ, হাইড্রোজেনের n সংখ্যক অণু ক্লোরিনের n সংখ্যক অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2n সংখ্যক অণু গঠন করে। বা,

হাইড্রোজের 1টি অণু ক্লোরিনের 1টি অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2 টি অণু গঠন করে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণু ক্লোরিনের 1টি **পরমাণুর** সাথে যুক্ত হয়ে 1টি হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড অণু গঠন করে। (যেহেতু হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক)

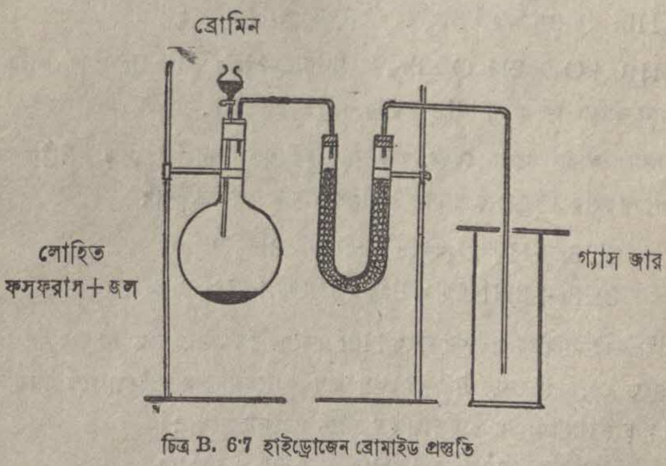
∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত HCl.

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড (HBr)

হাইড্রোজেন-ব্রোমাইডও আগ্নেয়গিরি সঞ্জাত গ্যাসে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : বিন্দুপাতি ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি কাচের ফ্লাস্কে লোহিত ফসফরাস ও জলের একটি মিশ্রণ নেওয়া হয়। বিন্দুপাতি ফানেল থেকে তরল ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা করে ফ্লাস্কের মিশ্রণের মধ্যে ফেলা হয়। (চিত্র : B. 6.7)। বিক্রিয়ায় HBr গ্যাস উৎপন্ন হয়। $P_4+6Br_2=4PBr_3$; $4PBr_3+12H_2O=4H_3PO_3+12HBr$। প্রথমে ফ্লাস্কের মধ্যস্থ বায়ু অপসারিত



চিত্র B. 6·7 হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

হতে দেওয়া হয়। এর পর ব্রোমিন বাষ্প মিশ্রিত HBr গ্যাস আর্দ্র লোহিত ফসফরাস মাখানো কাচের টুকরো ভর্তি U নলের মধ্যদিয়ে অতিক্রম করিয়ে ব্রোমিন মুক্ত করা

হয় এবং একটি শুষ্ক গ্যাসজারে বায়ুকে ঊর্ধ্বদিকে অপসারণ করে HBr গ্যাস সংগৃহীত করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যদিয়ে অতিক্রম করিয়ে HBr শুষ্কীকৃত হতে পারে এবং পারদের অপসারণ দ্বারাও একে সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করতে হলে উৎপন্ন HBr গ্যাস একটি খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে জলে দ্রবীভূত করা হয় (ঠিক HCl এর মতই।)

(2) প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে প্রায় 200°C উষ্ণতায় গ্যাসীয় হাইড্রোজেন এবং ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় সামান্য HBr গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া উভমুখী : $H_2+Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$.

(3) ব্রোমিনজলে (লাল) হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফারডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করে HBr এর জলীয় দ্রবণ (বর্ণহীন) প্রস্তুত করা যায় : $Br_2+H_2S=S+2HBr$; $Br_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HBr$.

ধর্ম : হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বর্ণহীন অ্যাসিড গন্ধযুক্ত গ্যাস, জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিড ধর্মী, দ্রবণে HBr সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হয় : $HBr \rightleftharpoons H^+ + Br^-$। আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে HBr ধূম উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণে HBr সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বায়ুদ্বারা জারিত হয় :

$4HBr+O_2=2H_2O+Br_2$। গ্যাসীয় HBr বা HBr দ্রবণ ক্লোরিন দ্বারা ব্রোমিনে জারিত হয় : $2HBr+Cl_2=2HCl+Br_2$.

অন্যান্য জারক দ্রব্য যেমন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (উত্তপ্ত অবস্থায়) ইত্যাদি দ্বারাও HBr ব্রোমিনে জারিত হয় :

$$2HBr+H_2SO_4 \rightleftharpoons Br_2+SO_2+2H_2O.$$
$$2HBr+2HNO_3=Br_2+2NO_2+2H_2O.$$

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সাথে HBr দ্রবণের বিক্রিয়ায় হাল্কা হলুদ বর্ণের সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, ঐ অধঃক্ষেপ লঘু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রাক্সাইড দ্রবণে সহজেই দ্রাব্য :

$$HBr+AgNO_3=AgBr+HNO_3$$

সনাক্তকরণ : গাঢ় H_2SO_4, ক্লোরিনজল এবং সিলভার নাইট্রেটের সাথে বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য।

হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI)

HCl এবং HBr এর ন্যায় HI ও আগ্নেয়গিরিজাত গ্যাসে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি: (1) **পরীক্ষাগারে** কঠিন আয়োডিন, লোহিত ফসফরাস এবং জলের মিলিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়:

$$P_4+10I_2+16H_2O=20HI+4H_3PO_4.$$

বিন্দুপাতি ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি কাচের ফ্লাস্কে প্রায় 5 গ্রাম লোহিত ফসফরাস এবং 25 গ্রাম কঠিন আয়োডিনের মিশ্রণ নেওয়া হল। (চিত্র: HBr প্রস্তুতির ন্যায়)। বিন্দুপাতি ফানেল থেকে প্রায় 20 ঘন সেন্টিমিটার জল ঐ মিশ্রণে ঢালা হল। সামান্য আয়োডিন বাষ্প মিশ্রিত হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ে নির্গমনল দিয়ে বেরিয়ে আসে। ঐ গ্যাস আর্দ্র লোহিত ফসফরাস মাখানো ভাঙ্গা কাচের টুকরো ভর্তি U নলের মধ্য দিয়ে পাঠানো হল। ফলে আয়োডিন বাষ্প শোষিত হয়ে দূরীভূত হয়। হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করে বায়ুর উর্ধ্বদিকে অপসারণপন্থায় গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় ঠিক হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির মত পন্থায়।

(2) হাইড্রোজেন গ্যাস এবং আয়োডিন বাষ্পের মিশ্রণ প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়াটি অবশ্য উভমুখী এবং তাপশোষক: $H_2+I\rightleftharpoons 2HI.$

(3) আয়োডিনের হলুদ বর্ণের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে H_2S চালিত করে HI-এর বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়াটি তাপশোষক এবং উভমুখী:

$H_2S+I_2\rightleftharpoons 2HI+S.$

ধর্ম: হাইড্রোজেন আয়োডাইড বর্ণহীন গ্যাস, আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূম উৎপন্ন করে, জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণে HI সম্পূর্ণভাবে আয়নে বিয়োজিত হয়, দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী: $HI\rightleftharpoons H^++I^-.$

[HCl, HBr এবং HI এর মধ্যে HI তীব্রতম অ্যাসিড, এর কারণ H – I বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি সবচাইতে কম (অর্থাৎ ঐ বন্ধনী ভাঙ্গতে কমশক্তি লাগে) এবং H ও I এর মধ্যেকার দূরত্ব সবচেয়ে বেশী, ফলে HI সহজেই প্রোটন (H^+) ছাড়তে পারে]

হাইড্রোজেন আয়োডাইড সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করলে দ্রুত বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া উভমুখী : $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$. অক্সিজেন দ্বারা হাইড্রোজেন আয়োডাইড সূর্যালোকের উপস্থিতিতে আয়োডিনে জারিত হয় : $4HI + O_2 = 2I_2 + 2H_2O$. HI তীব্র বিজারক দ্রব্য। অনেক জারক দ্রব্য দ্বারাই HI আয়োডিনে জারিত হয়। গ্যাসীয় অবস্থায় বা দ্রবণে HI, Cl_2 দ্বারা জারিত হয় : $2HI + Cl_2 = I_2 + 2HCl$। দ্রবণে অতিরিক্ত Cl_2 চালনা করলে উৎপন্ন রঙিন আয়োডিন বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিডে (HIO_3) পরিবর্তিত হয় : $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$.

অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে HI বিজারিত করে সবুজ ক্রোমিক লবণের দ্রবণে এবং বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবনের দ্রবণে, নিজে আয়োডিনে (হলুদ বা বাদামী বর্ণের দ্রবণ) জারিত হয়। নাইট্রাস অ্যাসিডও HI কে I_2 তে জারিত করে : $K_2Cr_2O_7 + 6HI + 5H_2SO_4 = 3I_2 + 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$; $10HI + 2KMnO_4 + H_2SO_4 = 5I_2 + 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$; $2HI + 2HNO_2 = I_2 + 2NO + 2H_2O$.

কপার সালফেট দ্রবণের সাথে HI এর বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস আয়োডাইডের সাদা অধঃক্ষেপ এবং বাদামী বর্ণের আয়োডিন উৎপন্ন হয় :

$$2CuSO_4 + 4HI = Cu_2I_2 + I_2 + 2H_2SO_4.$$

HI এর জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে হলুদ বর্ণের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে অদ্রাব্য :

$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3.$$

সনাক্তকরণ : (1) HI দ্রবণ এবং গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় আয়োডিন উৎপন্ন হয়, উত্তপ্ত করলে বেগুনী বাষ্প উৎপন্ন হয়, ঠাণ্ডা করলে ঐ বাষ্প কালো কঠিনে পরিবর্তিত হয়। (2) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মিশ্রিত HI এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল যোগ করে ঝাঁকালে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড স্তর বেগুনী বর্ণ ধারণ করে। অতিরিক্ত ক্লোরিন-জল যোগ করলে ঐ স্তর বর্ণহীন হয়ে যায়।

(3) $AgNO_3$ এর সাথে বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য।

সপ্তম অধ্যায়

আমোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়ার বৃহদায়তন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি আছে, যেমন : সায়ানামাইড পদ্ধতি, কোলগ্যাস বা কোক প্রস্তুতি কালে উপজাত অ্যামোনিয়াকাল লিকার থেকে উৎপাদন পদ্ধতি এবং সংশ্লেষণ পদ্ধতি। এই সবের মধ্যে সংশ্লেষণ পদ্ধতিই প্রধান।

সংশ্লেষণ পদ্ধতি আবার বহুতর, যথা (1) হেবার পদ্ধতি (2) ক্লড পদ্ধতি (3) আমেরিকান পদ্ধতি ইত্যাদি। তবে প্রতিটি সংশ্লেষণ পদ্ধতির মূল নীতি একই অর্থাৎ প্রতিটি পদ্ধতিতেই বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন গ্যাস 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে নিয়ে উচ্চচাপে এবং উপযুক্ত তাপমাত্রায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে এদের বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করা হয়—চাপ এবং তাপমাত্রা অবশ্য বিভিন্ন পদ্ধতিতে ভিন্নতর (হেবার পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ঘটানো হয় প্রায় 200 বায়ুচাপে এবং 550° সে. তাপমাত্রায়, ক্লড পদ্ধতিতে ব্যবহৃত চাপ এবং তাপমাত্রা যথাক্রমে প্রায় 1000 বায়ুচাপ এবং 500 – 650° সে. আর আমেরিকান পদ্ধতিতে প্রায় 100 বায়ুচাপে এবং 400° সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানো হয়)।

এখানে **হেবার পদ্ধতি** বর্ণিত হল।

নীতি : হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করা হয় উত্তপ্ত অনুঘটকের সংস্পর্শে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রণের (1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে) বিক্রিয়া ঘটিয়ে। বিক্রিয়াটির সমীকরণ নিম্নরূপ :

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 24$ কিলোক্যালরি।

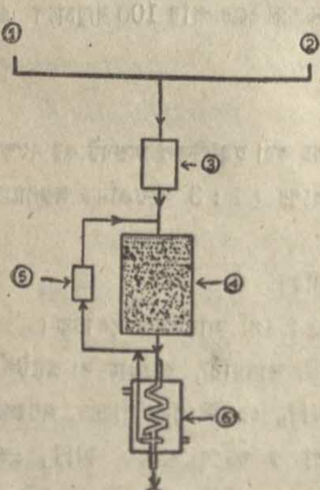
এই বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী, (খ) তাপদায়ী এবং (গ) আয়তন সংকোচক।

তাপমাত্রার প্রভাব : যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে NH_3 এর উৎপাদন বাড়বে, অপরপক্ষে তাপমাত্রা বেশী হলে বিপরীত বিক্রিয়ার প্রাধান্য ঘটবে অর্থাৎ NH_3 ভেঙে N_2 এবং H_2 হবে। কিন্তু তাপমাত্রা খুব কম হলে বিক্রিয়ার গতিবেগ খুবই কমে যায়। তাই যাতে বিক্রিয়ার গতি খুব মন্থর না হয়ে পড়ে, আবার NH_3 এর উৎপাদনও বৃদ্ধি পায় সেজন্য বিক্রিয়ায় এমন তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয় যা খুব বেশীও নয় আবার খুব কমও নয়—যথোপযুক্ত তাপমাত্রা। হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত এই যথোপযুক্ত তাপমাত্রা প্রায় 550° সে.।

চাপের প্রভাব : বিক্রিয়াটিতে আয়তনের সংকোচন ঘটে, 1 আয়তন N_2 এবং 3 আয়তন H_2 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় 2 আয়তন অ্যামোনিয়া। সুতরাং লা শ্যাটেলাঁর নীতি বলে—চাপ বাড়ালে সাম্যবিন্দু সেইদিকেই সরে যাবে যে দিকে গেলে আয়তন কমে যায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্য থাকবে। তার অর্থ চাপ বাড়লে NH_3 এর উৎপাদন বাড়বে। হেবার পদ্ধতিতে প্রায় 200 বায়ুচাপ ব্যবহৃত হয়।

অনুঘটক : হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক হচ্ছে সামান্য মলিবডেনাম বা পটাসিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বর্ধক মিশ্রিত সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ। অনুঘটক নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ার গতিবেগ বর্দ্ধিত করে।

প্রকৃত পদ্ধতির বর্ণনা : অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেন মিশ্রণ বস্ পদ্ধতির সাহায্যে পাওয়া যায় (সেইজন্য অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির এই পদ্ধতিকে হেবার-বস্ পদ্ধতিও বলা হয়)। এই পদ্ধতিতে ওয়াটার গ্যাস (মূলত: CO এবং H_2 এর মিশ্রণ) এবং প্রোডিউসার গ্যাস (মূলত: CO এবং N_2 এর মিশ্রণ) সঠিক অনুপাতে মিশিয়ে জলীয় বাষ্প সহযোগে প্রায় 450° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড এবং ক্রোমিক অক্সাইডের মিশ্রণের (অনুঘটক) উপর দিয়ে প্রবাহিত করা হয়, ফলে গ্যাস মিশ্রণের মধ্যস্থ CO জলীয় বাষ্প দ্বারা CO_2 এ জারিত হয় : $CO+H_2O=CO_2+H_2$. এই CO_2 উচ্চচাপে জলের মধ্যে শোষিত করে দূরীভূত করা হয়, সামান্য CO_2 থেকে গেলে তা কষ্টিক সোডা দ্রবণে শোষিত করে দূর করা হয়। এর পরও গ্যাস মিশ্রণে যে সামান্য পরিমাণ CO অবশিষ্ট থাকে প্রায় 200 বায়ুচাপে অ্যামোনিয়াকাল কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে গ্যাস মিশ্রণ চালিত করে ঐ CO শোষিত করে ঐ চাপে থাকাকালীন অবস্থাতেই বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতের মিশ্রণ শুষ্ক করে অনুঘটন কক্ষ বা পরিবর্তন কক্ষে (converter) পাঠানো



চিত্র : B. 7. 1
(1) N_2 (2) H_2 (3) সংনমক পাম্প (4) অনুঘটন কক্ষ (5) পাম্প (6) অ্যামোনিয়া দূরিকরণ ব্যবস্থা

হয়। এই কক্ষে লম্বভাবে দণ্ডায়মান কয়েকটি ক্রোমভ্যানাডিয়াম স্টীল নির্মিত সিলিণ্ডার থাকে, ঐ সিলিণ্ডারগুলির মধ্যে ভরা থাকে অনুঘটক (বর্ধক-মিশ্রিত সূক্ষ্ম লোহার কুচি)। প্রারম্ভে অনুঘটন কক্ষটিকে বৈদ্যুতিকভাবে উত্তপ্ত করা হয় প্রায় 550° সে উষ্ণতায়। N_2, H_2 মিশ্রণ উত্তপ্ত অনুঘটকের সংস্পর্শে এসে অংশতঃ অ্যামোনিয়ায় পরিবর্তিত হয়, এই বিক্রিয়াটি যেহেতু তাপদায়ী, সুতরাং বিক্রিয়া একবার শুরু হয়ে গেলে বাইরে থেকে তাপ দেবার আর প্রয়োজন হয় না। অনুঘটক কক্ষ থেকে বেরিয়ে আসা গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে প্রায় 12% NH_3 থাকে, বাকীটা থাকে অপরিবর্তিত N_2 এবং H_2। এই গ্যাস মিশ্রণকে কিছুটা ঠাণ্ডা করবার পর উৎপন্ন NH_3 কে প্রবল চাপে জলে শোষিত করা হয় (হেবার পদ্ধতিতে) [অন্যান্য পদ্ধতিতে উৎপন্ন NH_3 এর আয়তনিক পরিমাণ বেশী হলে উৎপন্ন NH_3 কে অনেক সময় চাপ এবং হিমায়নের সাহায্যে তরলেও পরিণত করা হয়ে থাকে]। অবিকৃত N_2 এবং H_2 কে পাম্পের সাহায্যে পুনরায় শুষ্কীকারক কক্ষের মধ্য দিয়ে বিক্রিয়াকক্ষে পাঠানো হয়। এইভাবেই NH_3 এর উৎপাদন চলতে থাকে।

ভারতবর্ষে যে পরিমাণ NH_3 উৎপাদিত হয় তার শতকরা প্রায় 90 ভাগই বিভিন্ন সার যেমন অ্যামোনিয়াম সালফেট, ইউরিয়া ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়া থেকে অ্যামোনিয়াম সালফেট : বিহারের সিন্ধ্রি সার কারখানায় অ্যামোনিয়াম সালফেটের শিল্পোৎপাদন করা হয় এইভাবে :

খনিজ জিপসাম ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে পরে উত্তমরূপে চূর্ণ করে জলে প্রলম্বিত করা হয়। ঐ মিশ্রণের মধ্যে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া এবং চুনাভাটিতে উৎপন্ন CO_2 গ্যাস একই সাথে প্রবল চাপে চালিত করা হয়। এর ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় : $CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়লে আস্রাবন পদ্ধতিতে $(NH_4)_2SO_4$ এর জলীয় দ্রবণ পৃথক করে বাষ্পায়ণের সাহায্যে দ্রবণ গাঢ় করে ঠাণ্ডা করলে অ্যামোনিয়াম সালফেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। ফিল্টার করে ঐ কেলাস পৃথক করে শুষ্ক করা হয়। উপজাত দ্রব্য হিসাবে প্রাপ্ত $CaCO_3$ কোনও সিমেন্ট কারখানায় ব্যবহৃত হয়। **অ্যামোনিয়াম সালফেট ধানের পক্ষে সর্বোত্তম সার।**

ইউরিয়া : সার হিসাবে ইউরিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেটের পরিবর্তে ব্যবহৃত হতে পারে। ইউরিয়ার মধ্যস্থ নাইট্রোজেন মাটি খুব সহজে গ্রহণ করতে পারে।

প্রস্তুতি : সংনমিত অ্যামোনিয়া এবং কার্বনডাই-অক্সাইড গ্যাস 3 : 1 গ্রাম আণবিক অণুপাতে মিশিয়ে প্রায় 100 থেকে 200 বায়ুচাপে এবং 170—190° সে. তাপমাত্রায় প্রায় 2 ঘন্টাব্যাপি অটোক্লেভ যন্ত্রে এদের বিক্রিয়া ঘটানো হয়-এর ফলে **অ্যামোনিয়াম কার্বামেট** (NH_4COONH_2) উৎপন্ন হয়। ঐ কার্বামেট থেকে জল অণু বার করা হয় চাপ কমিয়ে দিয়ে, ফলে উৎপন্ন হয় ইউরিয়া ($NH_2.CONH_2$).

$2NH_3+CO_2 \longrightarrow NH_4.COO.NH_2+37$ কিলোক্যালরি।

$NH_4COONH_2 \longrightarrow NH_2CONH_2+H_2O+10$ কিলোক্যালরি।

বিক্রিয়াকালে শীতল জলধারায় অটোক্লেভ যন্ত্রকে ঠাণ্ডা করা হয়, কারণ বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াশেষে গলিত তরলাকারে উৎপন্নদ্রব্য পাওয়া যায়, এর মধ্যে থাকে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট, সামান্য ইউরিয়া, অপরিবর্তিত NH_3 ও CO_2 এবং H_2O। গলিত পদার্থ অপর একটি পাত্রে নিয়ে চাপ কমিয়ে প্রায় 27 বায়ুচাপ করা হয়। পাত্রের তলদেশ থেকে জলীয় বাষ্প চালনা করে অপরিবর্তিত NH_3 ও CO_2 কে দূর করা হয়, এরা পুনরায় ব্যবহৃত হতে পারে। পাত্রের তলদেশে পড়ে থাকে ইউরিয়ার জলীয় দ্রবণ। ঐ দ্রবণ কম চাপে বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে ঘন করে শীতল করলে ইউরিয়ার কেলাস পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত NH_3 এর শতকরা প্রায় 40 থেকে 50 ভাগ ইউরিয়ায় পরিবর্তিত হয় (NH_4COONH_2-কে খোলা অবস্থায় উত্তপ্ত করলে ইউরিয়ার পরিবর্তে NH_3 এবং CO_2 পাওয়া যাবে :

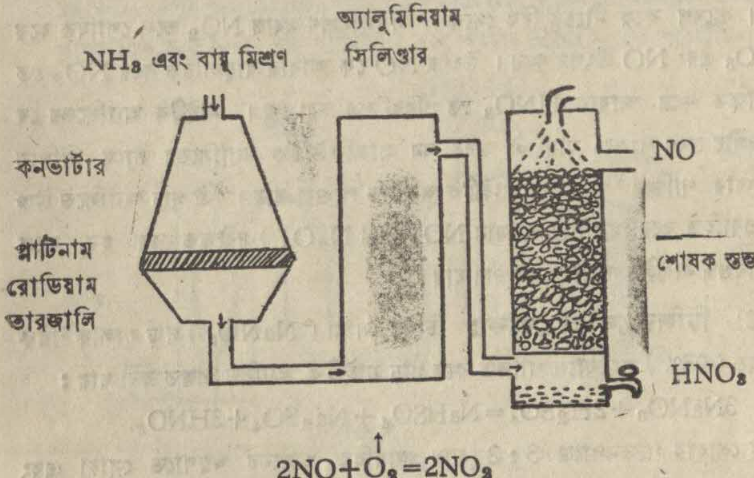
$NH_4COONH_2+H_2O \rightleftarrows (NH_4)_2CO_3 \rightleftarrows 2NH_3+CO_2+H_2O$)।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শিল্পপদ্ধতি

(1) **অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি :** অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে **অ্যামোনিয়া থেকে** HNO_3 প্রস্তুত করা হয় কয়েকটি ধাপে : (i) অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়া এবং অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে NH_3 কে বায়ুজারণ পদ্ধতিতে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয় : $4NH_3+5O_2 \rightarrow 4NO+6H_2O+216$ কিলো-ক্যালরি। (ii) উৎপন্ন NO অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ুর দ্বারা জারিত হয়ে NO_2 তে পরিণত হয় : $2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2+27$ কিলোক্যালরি। (iii) এই NO_2 কে জলে শোষিত করে উৎপন্ন করা হয় লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ এবং NO, ঐ NO কে আবার জারিত করে NO_2 তে পরিবর্তিত করে আবার HNO_3 তে পরিবর্তিত করা হয় :

$2NO_2+H_2O \rightarrow HNO_3+HNO_2$, $3HNO_2 \rightarrow HNO_3+2NO+H_2O$.

প্রকৃত পদ্ধতির বর্ণনা : শতকরা প্রায় 10 ভাগ আয়তনের বিশুদ্ধ শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসের (সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন) সাথে প্রায় 90 ভাগ আয়তনের পরিশ্রুত এবং প্রাথমিকভাবে প্রায় 300° সে. এ উত্তপ্ত বায়ু মিশিয়ে ঐ মিশ্রণ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে



চিত্র : B. 7.2 অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

প্রায় 100 পাউণ্ড চাপে অ্যালুমিনিয়ামের তৈরী কনভার্টার বা **অনুঘটন কক্ষের** মধ্য দিয়ে (চিত্র B. 7.2) তীব্রগতিতে অতিক্রম করানো হয়। কনভার্টারে প্লাটিনাম-রোডিয়ামের সূক্ষ্ম এবং পাতলা তারজালি বিস্তৃত থাকে। বৈদ্যুতিক উপায়ে কক্ষটিকে বিক্রিয়ার প্রারম্ভে প্রায় 800—900° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। NH_3 এবং বায়ুর মিশ্রণ এমন গতিতে উত্তপ্ত তারজালির মধ্য দিয়ে অতিক্রম করানো হয় যাতে সংস্পর্শকাল হয় 0·0014 সেকেণ্ড, কারণ সংস্পর্শকাল দীর্ঘতর হলে অ্যামোনিয়া NO তে পরিবর্তিত না হয়ে N_2 তে পরিবর্তিত হবে ($4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$)।

বিক্রিয়া একবার শুরু হয়ে গেলে বাইরে থেকে আর তাপ দেবার কোন প্রয়োজন হয় না, কারণ বিক্রিয়াটি তাপদায়ী। কনভার্টার থেকে বেরিয়ে আসা উত্তপ্ত গ্যাস মিশ্রণে থাকে NO, জলীয় বাষ্প, বায়ু এবং N_2। **তাপ আদানপ্রদান কক্ষের** (চিত্রে দেখানো হয়নি) মধ্য দিয়ে চালিত করে ঐ গ্যাসমিশ্রণকে খানিকটা ঠাণ্ডা করা হয়, এখানে তাপের আদানপ্রদান ঘটে উত্তপ্ত গ্যাস মিশ্রণ এবং আগমনি বায়ুর (incoming air) সাথে। এর পর শোষক স্তম্ভ থেকে বেরিয়ে আসা ঠাণ্ডা গ্যাসের সাথে তাপ আদান প্রদানের মাধ্যমেও গ্যাসমিশ্রণকে আরও ঠাণ্ডা করা হয়। তারপর গ্যাসমিশ্রণ প্রবেশ করে জলপ্রবাহে শীতল করা কতকগুলি **অ্যালুমিনিয়ামের**

সিলিণ্ডারে, এখানে প্রায় 40° সে. উষ্ণতায় গ্যাসমিশ্রণের মধ্যেকার নাইট্রিক অক্সাইড এবং অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় NO_2 উৎপন্ন হয়। সবশেষে গ্যাসমিশ্রণ প্রবিষ্ট হয় **শোষকস্তম্ভে,** এখানে উপর থেকে ক্লোরাইডমুক্ত জলের ধারা বর্ষিত হয় আর গ্যাস মিশ্রণ প্রবেশ করে নীচের দিক থেকে। গ্যাসমিশ্রণ মধ্যস্থ NO_2 জলে শোষিত হয়ে HNO_3 এবং NO উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO কে আবার বায়ুজারিত করে NO_2 তে পরিবর্তিত করে আবার HNO_3 তে পরিবর্তিত করা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের যে লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় ঐ দ্রবণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে মিশিয়ে কয়েকবার পাতিত করে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ঐ গাঢ় অ্যাসিডে উষ্ণ বায়ু প্রবাহিত করে অ্যাসিডে বর্তমান NO_2 (বা N_2O_4) দূরীভূত করা হয়, ফলে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(2) **চিলির সোরা থেকে :** চিলির সোরা ($NaNO_3$) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (93%) সহযোগে পাতিত করে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় :

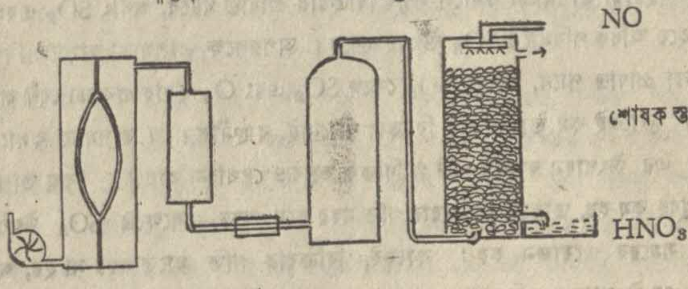
$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3.$$

ঢালাই লোহার পাতনপাত্রে 3 : 2 গ্রাম আণবিক ওজনের অনুপাতে সোরা এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ কম চাপে (25 সে মি) 100 – 150° সে. উষ্ণতায় পাতিত করা হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প নির্গম নলের সাহায্যে শীতল জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা করা কয়েকটি পাথর নির্মিত U নলের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঘনীভূত করে গাঢ় তরলরূপে সংগ্রহ করা হয়।

(3) **আর্ক পদ্ধতি বা বার্কল্যাণ্ড আইড পদ্ধতি :** বায়ুর মধ্যে তড়িৎক্ষরণ ঘটালে বায়ুমধ্যস্থ নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন উচ্চতাপমাত্রায় মিলিত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে, বিক্রিয়াটি অতিমাত্রায় তাপগ্রাহী : $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43.6$ কিলো ক্যালরি। উৎপন্ন NO কে অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতির ন্যায় বায়ুজারণ দ্বারা NO_2 তে পরিবর্তিত করে NO_2 কে জলে শোষিত করে HNO_3 তে পরিবর্তিত করা হয়।

জলপ্রবাহে শীতল করা কপার তড়িৎদ্বারের মধ্যে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক শিখা বা আর্ককে তড়িৎ চুম্বকের সাহায্যে চক্রাকারে বিস্তৃত করে তার মধ্য দিয়ে শুষ্ক বায়ু টেনে নেওয়া হয় (চিত্র B. 7. 3)। আর্কের মধ্যেকার প্রায় 3000° সে. তাপমাত্রায় বায়ুমধ্যস্থ নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত হয়ে NO গঠন করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী, কাজেই উৎপন্ন NO যাতে বেশী পরিমাণে ভেঙে N_2 এবং O_2 তে পরিবর্তিত না হয়, সেজন্য গ্যাস মিশ্রণকে সরিয়ে নিয়ে খুব তাড়াতাড়ি তাপমাত্রা প্রায় 1000° সে.এ নামিয়ে আনা হয়। এরপর গ্যাসমিশ্রণকে বয়লারের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঠাণ্ডা করবার পর শেষ

পর্যায়ে অ্যালুমিনিয়াম পাইপের মধ্যে প্রায় 50° সে. উষ্ণতায় শীতলীকৃত করা হয়, এখানে NO বায়ুর O_2 দ্বারা, NO_2 তে জারিত হয় ($2NO+O_2=2NO_2$) ; ঐ NO_2 কোয়ার্টজ পূর্ণ শোষকস্তম্ভে উপর থেকে বর্ষিত জলধারায় শোষিত হয়ে HNO_3 উৎপন্ন করে ($3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$)। এর সাথে উৎপন্ন NO কে বায়ুজারিত করে NO_2 তে পরিবর্তিত করে আবার HNO_3 তে পরিবর্তিত করা হয়।



চিত্র : B. 7.3

এই পদ্ধতিতে N_2 এবং O_2 এর NO তে পরিবর্তনের শতকরা পরিমাণ খুব কম, তাছাড়া অনেক বিদ্যুৎ-শক্তির প্রয়োজন হওয়ায় পদ্ধতিটি প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ, বিশেষতঃ যেসব জায়গায় বিদ্যুৎশক্তি সুলভ নয়। **বর্তমানে অসওয়াল্ড পদ্ধতি ছাড়া বাকী দুটি পদ্ধতিই প্রায় অচল।**

সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-প্রস্তুতি

সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) : এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি সম্পন্ন হয় কয়েকটি ধাপে : (1) মৌল সালফার বা পিরাইটিস আকরিক বায়ুতে পুড়িয়ে সালফারডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয় : $S+O_2=SO_2$. (2) উত্তপ্ত প্লাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা SO_2 কে জারিত করে SO_3 তে পরিবর্তিত করা হয় : $2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$.

(3) ঐ SO_3 কে গাঢ়, প্রায় 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় : $SO_3+H_2SO_4=H_2S_2O_7$.

(4) সবশেষে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড জল দিয়ে লঘু করে প্রয়োজনীয় শক্তির অ্যাসিড পাওয়া যায় : $H_2S_2O_7+H_2O=2H_2SO_4$.

পদ্ধতিটির নাম সংস্পর্শপদ্ধতি এইজন্য যে SO_2 এর SO_3 তে জারণক্রিয়া ঘটে অনুঘটকের সংস্পর্শে।

SO_2 এর জারণক্রিয়ার সমীকরণটি হল: $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ কিলো ক্যালরি। বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী, (খ) তাপদায়ী এবং (গ) আয়তন সংকোচক।

তাপমাত্রার প্রভাব: যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, সুতরাং লা শ্যাটেলাঁর নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা কমালে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্য ঘটবে, অর্থাৎ SO_2 এবং O_2 যুক্ত হয়ে অধিক পরিমাণে SO_3 উৎপন্ন করবে। অপরপক্ষে তাপমাত্রা বাড়ালে বিপরীত বিক্রিয়া প্রাধান্য পাবে, অর্থাৎ SO_3 ভেঙ্গে SO_2 এবং O_2 হবার প্রবণতা বেশী লক্ষণীয় হবে। কাজেই কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানোই বাঞ্ছনীয়। (তাপমাত্রা কমালে যে SO_3 এর উৎপাদন বাড়বে এটি গাণিতিক ভাবেও দেখানো যায়)। কিন্তু তাপমাত্রা যদি খুবই কম হয়, তাহলে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হয়ে পড়ে, সেক্ষেত্রে SO_3 উৎপাদনে প্রচুর সময়ের প্রয়োজন হয়। কাজেই, বিক্রিয়ার গতি যাতে মন্থর না হয়, আবার SO_3 এর উৎপাদনও বৃদ্ধি পায়, তার জন্য প্রকৃত পদ্ধতিতে প্রথমে প্রায় 500—600° সে. উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে SO_2 এবং O_2 এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়, ফলে SO_2 এর শতকরা প্রায় 80 ভাগ SO_3 তে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন পদার্থ প্রায় 300° সে. উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করে আবার প্রায় 400—450° সে উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে ব্যবহৃত SO_2 এর শতকরা প্রায় 97 ভাগ SO_3 তে পরিবর্তিত করা যায়। [এক্ষেত্রে নীতিটি হচ্ছে এই যে প্রারম্ভে SO_3 এর গাঢ়ত্ব খুব কম থাকায় বিপরীত বিক্রিয়ার হার খুবই কম হবে। তাই প্রথমে উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সম্মুখবিক্রিয়ার গতি বাড়বে, ফলে অল্প সময়েই SO_2 যথেষ্ট পরিমাণে SO_3 তে পরিবর্তিত হবে, এর পর SO_3 এর পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে উষ্ণতা কমিয়ে এনে 400-450° সে. এ আবার বিক্রিয়া ঘটাতে হবে যাতে সম্মুখবিক্রিয়ার প্রাধান্যও ঘটবে অথচ বিক্রিয়ার গতিও খুব কমে যাবে না।]

চাপের প্রভাব: বিক্রিয়াটিতে যেহেতু আয়তন হ্রাস পায় (2 আয়তন SO_2 এবং 1 আয়তন O_2 এর বিক্রিয়ায় 2 আয়তন SO_3 উৎপন্ন হয়), সুতরাং লা শ্যাটেলাঁর নীতি বলে যে চাপ বাড়ালে সাম্যবিন্দু সরবে ডানদিকে, অর্থাৎ যে দিকে আয়তন হ্রাস পাবে। এর অর্থ চাপ বাড়ালে SO_3 এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। (এটিও গাণিতিক ভাবে দেখানো যায়)।

বাস্তবক্ষেত্রে অবশ্য সাধারণ বায়ুচাপেই SO_2 এবং O_2 এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

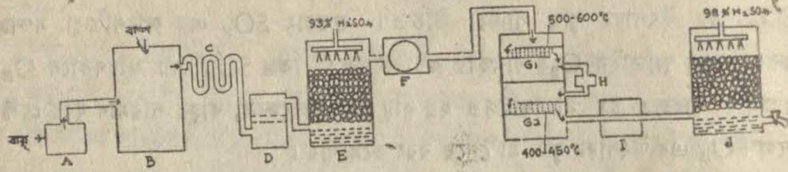
কারণ, বর্দ্ধিত চাপের প্রভাব খুব একটা বেশী নয় অথচ বর্দ্ধিত চাপের জন্য উৎপাদন খরচ বেশী পড়ে, তাছাড়া বর্দ্ধিত চাপে উৎপন্ন SO_3 বিক্রিয়াপাত্রের ক্ষয়সাধন (corrosion) করতে পারে।

বিক্রিয়ক পদার্থের গাঢ়ত্ব : SO_2 বা O_2 যে কোনটির পরিমাণ বাড়ালেই SO_3 এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাওয়া উচিত। সুতরাং SO_2 এর জারণক্রিয়া সম্পন্ন করবার জন্য অতিরিক্ত O_2ই ব্যবহার করা উচিত। কিন্তু SO_2 এর জারণকার্যে O_2 সরাসরি ব্যবহৃত হয় না, ব্যবহৃত হয় বায়ু। বাস্তবক্ষেত্রে, বায়ুর পরিমাণ খুবই বেশী হলে SO_3 এর উৎপাদন বৃদ্ধি না পেয়ে বরং কমে যায়।

অনুঘটক : অনুঘটকের সংস্পর্শেই SO_2 এবং O_2 এর বিক্রিয়া ঘটে। অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক হল প্লাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড। প্লাটিনাম বিভিন্নরূপে ব্যবহৃত হতে পারে, যথা প্লাটিনাইজ্‌ড অ্যাসবেস্টস, প্লাটিনাইজ্‌ড ম্যাগনেসিয়াম জেলি ইত্যাদি। আগে প্লাটিনাম অনুঘটকই ব্যবহৃত হত, কিন্তু এর প্রধান অসুবিধা এই যে কয়েকটি পদার্থের সংস্পর্শে প্লাটিনাম সহজেই ভঙ্গুর হয়ে পড়ে এবং এর কার্যক্ষমতা লোপ পায় (platinum poisoning), সেইজন্য অধুনা সর্বত্র ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকই ব্যবহৃত হচ্ছে।

প্রকৃত পদ্ধতির বর্ণনা : চুল্লীতে (A) অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে সালফার বা আয়রণ পিরাইটিস পুড়িয়ে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। পিরাইটিস আকরিক ব্যবহৃত হলে উৎপন্ন SO_2 তে অশুদ্ধি হিসাবে ধূলিকণা, জলীয় বাষ্প, আয়রণ অক্সাইড, আর্সেনিক, ফ্লুওরিন, ক্লোরিন ইত্যাদি থাকতে পারে। এইসব অশুদ্ধি অনুঘটকের ক্ষতিসাধন করতে পারে, সেইজন্য এইসব অশুদ্ধি বিশেষ সতর্কতার সাথে দূর করা প্রয়োজন। তাই অশুদ্ধিমিশ্রিত উত্তপ্ত গ্যাস সর্বপ্রথমে ধূলিমুক্তি কক্ষে (B) পাঠানো হয়। এই কক্ষের উপর থেকে গ্যাস মিশ্রণে জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করা হয়, জলীয় বাষ্প ধূলিকণার উপরে ঘনীভূত হয়, ফলে ধূলিকণাগুলি ভারী হয়ে কক্ষের নীচে পড়ে যায়। এরপর ধূলিমুক্ত গ্যাসমিশ্রণ প্রবেশ করে লেড নির্মিত কক্ষে। এই কক্ষে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারায় গ্যাসমিশ্রণ ধৌত হয়, এর ফলে গ্যাসমিশ্রণ কিছুটা শীতল হয় এবং এর মধ্যেকার As দূরীভূত হয়। জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা করা লেড পাইপের (C) মধ্য দিয়ে গ্যাসমিশ্রণ চালিত করে এর তাপমাত্রা সাধারণ উষ্ণতায় নামিয়ে আনা হয়। কোকপূর্ণ লেডের বাক্সের (D) মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে গ্যাসমিশ্রণ মধ্যস্থ ক্লোরিন (যা HCl রূপে বর্তমান থাকে) দূরীভূত করা হয়। এইভাবে বিশুদ্ধিকৃত গ্যাস প্রবেশ করে শুষ্কীকরণ কক্ষে (E), প্রায় 93% H_2SO_4 এর ধারায় গ্যাস শুকিয়ে

নেওয়া হয়। এর পর গ্যাসমিশ্রণের **টিণ্ডাল পরীক্ষা** করা হয়—গ্যাসমিশ্রণকে একটি স্বচ্ছ কাচের বাক্সের (F) মধ্য দিয়ে অতিক্রম করানো হয় এবং ঐ বাক্সের উপর লম্বভাবে জোরালো আলো ফেলে যদি দেখা যায় যে গ্যাসমিশ্রণ একেবারে স্বচ্ছ, তাতে কোন ধূলিকণা ইত্যাদি নাই, তবেই ঐ গ্যাসমিশ্রণ অনুঘটন কক্ষে প্রেরিত হয়।



চিত্র B. 7.4

অনুঘটন কক্ষটি ইস্পাত নির্মিত, এই কক্ষের দুটি স্তর আছে, প্রথম স্তরে মোট ব্যবহৃত অনুঘটকের প্রায় 60 শতাংশ থাকে এবং এর তাপমাত্রা 500—600° সে. এর মধ্যে রাখা হয়, এখানে অনুঘটকের সংস্পর্শে SO_2 এবং অতিরিক্ত O_2 এর বিক্রিয়ায় SO_3 উৎপন্ন হয়, উৎপন্ন পদার্থ জলীয় বাষ্প প্রবাহের সাহায্যে তাড়াতাড়ি প্রায় 300° সে. তে ঠাণ্ডা করে অনুঘটনকক্ষের দ্বিতীয় স্তরে পাঠানো হয়, এখানে অনুঘটকের প্রায় 40 শতাংশ পরিমাণ থাকে এবং তাপমাত্রা 400—450° সে. এর মধ্যে রাখা হয়। অবশিষ্ট SO_2 এবং O_2 এর মধ্যে এখানে আবার বিক্রিয়া হয়। উৎপন্ন গ্যাস অনুঘটন কক্ষ থেকে বার করে তাপ আদানপ্রদান কক্ষের (I) মধ্য দিয়ে নিয়ে খানিকটা ঠাণ্ডা করা হয়, আরও ঠাণ্ডা করবার পর গ্যাসমিশ্রণ চালিত হয় শোষণ কক্ষে (J) ; কক্ষটি পূর্ণ থাকে নুড়িপাথর এবং অ্যাসিড প্রুফ ইট দ্বারা, উপর থেকে 98% H_2SO_4 এর প্রবল ধারা বর্ষিত হয়, SO_3 ঐ অ্যাসিডে শোষিত হয়ে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, ঐ অ্যাসিডে পরিমাণমত লঘু অ্যাসিড বা জল সতর্কতার সাথে মিশিয়ে প্রয়োজনমাফিক লঘু করা হয়।

(SO_3 সরাসরি জলে শোষণ করা হয় না, কারণ জলের সাথে SO_3 বিন্দু বিন্দু অ্যাসিডের ধোঁয়াসা উৎপন্ন করে—ভালোভাবে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু 97-98% H_2SO_4 এ SO_3 খুব ভালোভাবে দ্রবীভূত হয়)।

সুপার ফসফেট অব লাইম : রকফসফেট বা অস্থিভস্মের সাথে পরিমাণমত 60—70% H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে সুপার ফসফেট অব লাইম উৎপাদন করা হয়। মূল বিক্রিয়া এইরূপ :

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 4H_2O = CaH_4(PO_4)_2 + 2(CaSO_4, 2H_2O)$$

ট্রাই ক্যালসিয়াম ফসফেট জলে অদ্রবণীয় — মনো ক্যালসিয়াম ফসফেট (দ্রবণীয়) — জিপসাম

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মনোক্যালসিয়াম ফসফেট এবং জিপসামের মিশ্রণকেই সুপার ফসফেট অব লাইম বলা হয়। সামান্য ডাইক্যালসিয়াম ফসফেট্ও ($CaHPO_4$) অবশ্য উৎপন্ন হয়।

উত্তমরূপে চূর্ণীকৃত রকফসফেট বা অস্থিভস্মের সাথে সমওজন অনুপাতে অ্যাসিড মিশিয়ে ঢালাই লোহার তৈরী পাত্রে কয়েক মিনিট আলোড়িত করা হয়। এরপর মিশ্রণটি মিশ্রণ পাত্রের নীচে অবস্থিত আর একটি পাত্রে ঢেলে দেওয়া হয় এবং প্রায় 24 ঘণ্টাব্যাপি এই পাত্রে ফসফেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া চলতে থাকে, বিক্রিয়ার ফলে মিশ্রণের তাপমাত্রা প্রায় 100° সে তে উঠে যায়। CO_2 এবং HF গ্যাস নির্গত হতে থাকে—রকফসফেটে অশুদ্ধি হিসাবে বর্তমান চুনাপাথর এবং CaF_2 থেকে এরা উৎপন্ন হয়: $CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$; $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$; উৎপন্ন পদার্থ ধীরে ধীরে আঠালো কঠিনে পরিণত হয়। গ্যাস ওঠা বন্ধ হলে উৎপন্ন পদার্থ অন্য পাত্রে স্থানান্তরিত করে কয়েক সপ্তাহ রেখে দেওয়া হয়, এখানে অপরিবর্তিত রকের সাথে অ্যাসিডের আরও বিক্রিয়া ঘটে। সবশেষে উৎপন্ন পদার্থ শুষ্ক করে সংগৃহীত হয়। [CO_2, HF ইত্যাদি গ্যাস পাম্পের সাহায্যে বার করে এনে জলধারায় ধৌত করা হয়, এরা উপজাত দ্রব্য হিসাবে অন্যত্র ব্যবহৃত হয়।]

রকফসফেট বা অস্থিভস্মে ফসফরাস ট্রাইক্যালসিয়াম ফসফেট হিসাবে বর্তমান থাকে। এটি সরাসরি উদ্ভিদের পক্ষে গ্রহণীয় নয়, কারণ ট্রাইক্যালসিয়াম ফসফেট জলে অদ্রবণীয়। সুপার ফসফেট অব লাইমে থাকে মনোক্যালসিয়াম ফসফেট, যেটি জলে দ্রবণীয়। তাছাড়া, মাটিতে এই সার প্রয়োগ করলে যে ফসফেট যৌগগুলি উৎপন্ন হয় তারা খুব সূক্ষ্ম অবস্থায় থাকে বলে উদ্ভিদ সহজেই এদের গ্রহণ করতে পারে।

কোল-গ্যাস : বায়ুর অবর্তমানে আবদ্ধ পাত্রে কয়লাকে উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কয়লার মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে—এই পদ্ধতিকে বলে অন্তর্ধূম পাতন (destructive distillation)—এর ফলে উৎপন্ন পদার্থ উদ্বায়ী এবং অনুদ্বায়ী এই দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে অনুদ্বায়ী পদার্থ হিসাবে পাতনপাত্রে পড়ে থাকে কোক এবং গ্যাস কার্বন, উদ্বায়ী অংশ থেকে পাওয়া যায় আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ইত্যাদি এবং **কোল-গ্যাস।**

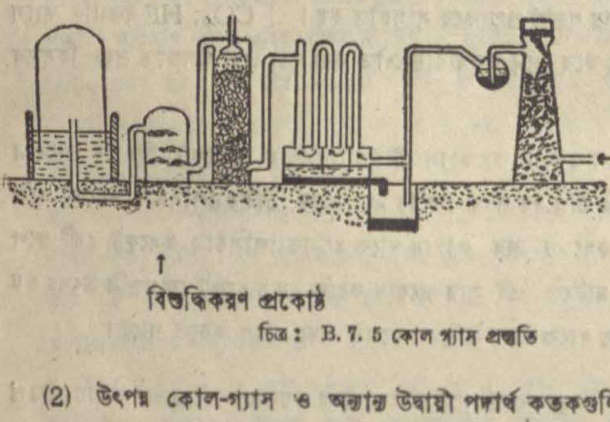
কোল-গ্যাস আসলে কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ। উপাদান গ্যাসগুলি এবং তাদের গড় শতকরা আয়তনিক পরিমাণ মোটামুটিভাবে এইরূপ : হাইড্রোজেন—53%..

মিথেন—32%, CO—6%, CO_2—2%, N_2—3·5%, O_2—0·5%, C_2H_4, C_2H_2 ও অন্যান্য—3 0%.

এই উপাদানগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে, যথা :

(1) তাপদায়ী—H_2, CH_4, CO (2) আলোকদায়ী—C_2H_4, C_2H_2, C_6H_6 (3) লঘুকারী—N_2 (4) অশুদ্ধি—CO_2, H_2S, HCN ইত্যাদি।

প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনা : (1) পরপর সারিবদ্ধ খাড়াভাবে দণ্ডায়মান অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত কতকগুলি বকযন্ত্রে চূর্ণীকৃত বিটুমিনাস জাতীয় নরম কয়লা ভরে প্রডিউসার গ্যাস জ্বালিয়ে বাইরে থেকে এদের উত্তপ্ত করা হয়। (চিত্রে অবশ্য একটু অন্যরূপে দেখানো হয়েছে।) দেওয়ালের বাইরের দিকের তাপমাত্রা গড়ে প্রায় 1200—1400° সে. এর মধ্যে থাকে, বকযন্ত্রের ভিতরে কয়লার তাপমাত্রা হয় প্রায় 1000° সে., প্রায় 17 ঘণ্টা ধরে বকযন্ত্রগুলি উত্তপ্ত করা হয়।



চিত্র : B. 7. 5 কোল গ্যাস প্রস্তুতি

(2) উৎপন্ন কোল-গ্যাস ও অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থ কতকগুলি লোহার আরোহী-নল (ascension pipes) বেয়ে প্রবেশ করে (3) অনুভূমিকভাবে স্থাপিত একটি লোহার পাত্রে, পাত্রটিতে একটি নির্দিষ্ট তলে জল থাকে, পাত্রটিকে বলে হাইড্রলিক মেন। বকযন্ত্রে কয়লা ভরবার সময় বা বকযন্ত্র থেকে কোক বার করে নেবার সময়ে উৎপন্ন গ্যাসের পুনরায় বকযন্ত্রের দিকে ফিরে যাবার সম্ভাবনা ব্যাহত করে হাইড্রলিক মেন। এখানে তাপমাত্রা খানিকটা কমে যায়, বেশ কিছুটা আলকাতরা এবং খানিকটা অ্যামোনিয়া হাইড্রলিক মেনে থেকে যায়। (4) এরপর গ্যাস মিশ্রণ প্রবেশ করে সারিবদ্ধ এবং লম্বভাবে দণ্ডায়মান কতকগুলি ইস্পাতের তৈরী শীতক নলে। এই

নলগুলিকে অ্যামোনিয়া দ্রবণের ধারায় শীতল রাখা হয়। এখানে তাপমাত্রা প্রায় 75° সে. এ নেমে আসে, এখানে আরও অ্যামোনিয়া এবং আলকাতরা ঘনীভূত হয়। হাইড্রলিক মেন এবং শীতক নল থেকে ঘনীভূত তরল নীচেকার আলকাতরা কূপে সঞ্চিত হয়। এখানে সঞ্চিত তরল দুটি স্তরে বিভক্ত হয়ে থাকে—উপরের স্তরে থাকে অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার এবং নীচের স্তরে থাকে আলকাতরা। (5) শীতক নল থেকে গ্যাস মিশ্রণকে পাম্পের সাহায্যে প্রবিষ্ট করানো হয় কোকপূর্ণ লৌহনির্মিত একটি কক্ষে, এই কক্ষের উপর থেকে শীতল জলধারা বর্ষিত হয়, এর ফলে গ্যাস মিশ্রণের মধ্যেকার অ্যামোনিয়া জলে শোষিত হয়ে পাত্রের নীচের দিকে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ হিসাবে সঞ্চিত হয়। আধুনিক পদ্ধতিতে জলের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়ে NH_3 দূরীভূত হয় $(NH_4)_2SO_4$ হিসাবে। (6) এরপর গ্যাস মিশ্রণ প্রবেশ করে বিশুদ্ধিকরণ প্রকোষ্ঠে, এখানে লোহার বাক্সে থাকে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড এবং চুন। এরা গ্যাস মিশ্রণে বর্তমান H_2S শোষণ করে : $Fe_2O_3.3H_2O+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$; $Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O$. একটি নির্দিষ্ট সময় পরে এদের H_2S শোষণ করবার ক্ষমতা লোপ পায় বা খুব কমে যায়, তখন বায়ুতে বেশ কিছু সময় রেখে দিলে এদের শোষণ ক্ষমতা আবার ফিরে আসে : $2Fe_2S_3+3O_2+6H_2O=2Fe_2O_3.3H_2O+6S$.

এইভাবে কয়েকবার বায়ুতে রেখে শোষণ ক্ষমতা পুনরায় ফিরিয়ে দিলে বেশ কিছু সালফার জমে যায়, ফলে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড আর শোষণ কার্যে ব্যবহৃত হতে পারে না—তখন একে বলা হয় নিঃশেষিত আয়রণ অক্সাইড। গ্যাস মিশ্রণে অশুদ্ধি হিসাবে বর্তমান HCNও আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড এবং $Ca(OH)_2$ দ্বারা শোষিত হয়।

(7) CS_2 অশুদ্ধি দূরীভূত হয় উত্তপ্ত (430° সে.) নিকেল অনুঘটকের উপর গ্যাস মিশ্রণ চালিত করে এবং উৎপন্ন H_2S আগের মত একইভাবে শোষিত করে : $CS_2+2H_2=C+2H_2S$। অধুনা H_2S, HCN ইত্যাদি শোষণ করবার জন্য কয়েকটি তরল ব্যবহৃত হয়, যেমন Na_2CO_3-এর জলীয় দ্রবণ। Na_2CO_3 এর সাথে এইভাবে বিক্রিয়া হয় : $Na_2CO_3+H_2S\rightleftharpoons NaHS+NaHCO_3$.

$$Na_2CO_3+CO_2+H_2O\rightleftharpoons 2NaHCO_3,\ Na_2CO_3+HCN\rightleftharpoons NaCN+NaHCO_3.$$

এই বিক্রিয়াগুলি উভমুখী, শোষণ ক্রিয়ার পর বায়ু চালনা করলে বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে এবং শোষিত গ্যাসগুলি আবার ফিরে পাওয়া যেতে পারে।

(8) সবশেষে অশুদ্ধিমুক্ত কোলগ্যাস সংগৃহীত হয় জলের উপরে ভাসমান কতকগুলি লোহার গ্যাস সংগ্রাহক পাত্রে।

পাতনক্রিয়া সম্পন্ন হবার পর বকযন্ত্র থেকে কোক এবং গ্যাস কার্বন বার করে নেওয়া হয়। [1 টন কয়লা থেকে গড়ে প্রায় 10 থেকে 11 হাজার ঘনফুট গ্যাস, 14 থেকে 15 হাজার পাউণ্ড কোক, 10 গ্যালন আলকাতারা এবং 18 থেকে 30 পাউণ্ড $(NH_4)_2SO_4$ পাওয়া যায়।]

ব্যবহার : কোল গ্যাস ব্যবহৃত হয় জ্বালানি হিসাবে এবং আলো জ্বালবার প্রয়োজনে। কোল গ্যাস প্রস্তুতি কালে যে বিভিন্ন উপজাত পদার্থ পাওয়া যায় তাদের নাম এবং ব্যবহার নীচে প্রদত্ত হল :

(1) **কোক :** কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রক্রিয়া শেষে পাতনপাত্রে ইহা পড়ে থাকে। জ্বালানি হিসাবে গার্হস্থ্য কার্যে বা শিল্পে ধাতুনিষ্কাশনে জ্বালানি এবং বিজারক হিসাবে কোক ব্যবহৃত হয়।

(2) **গ্যাস কার্বন :** পাতনপাত্রের ভিতরের দেওয়ালে গ্যাসকার্বনের আস্তরণ জমে থাকে। গ্যাস কার্বন ব্যবহৃত হয় তড়িৎদ্বার নির্মানে।

(3) **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার :** এর সাথে কলিচুন মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে NH_3 পাওয়া যায়। ঐ NH_3 সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করে $(NH_4)_2SO_4$ উৎপন্ন করা হয় যা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(4) **আলকাতরা :** আলকাতরা আংশিকভাবে পাতিত করলে বেঞ্জিন, টলুইন, জাইলিন, ফিনল ইত্যাদি পাওয়া যায় এই সব পদার্থ থেকে আবার বিভিন্ন ধরনের দ্রব্য প্রস্তুত করা হয় যেমন রং, ওষুধপত্র, সুগন্ধি ইত্যাদি। পাতন শেষে যে পিচ পড়ে থাকে তা রাস্তা নির্মাণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(5) **নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইড :** সালফার পুনরুদ্ধারে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। নিঃশেষিত কলিচুন ব্যবহৃত হয় সার হিসাবে।

অনুশীলনী

প্রথম খণ্ড : দ্বিতীয় ভাগ

প্রথম অধ্যায়

(1) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি চিত্রসহ বর্ণনা কর, এইভাবে প্রস্তুত গ্যাসে কি কি অবিশুদ্ধি থাকে? কিভাবে এই অবিশুদ্ধিগুলি দূর করে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়? হাইড্রোজেনের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

(2) নিম্নের বিক্রিয়াগুলির দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতির সমিত সমীকরণ লেখ :

(*a*) একটি ধাতুর সাথে জলের বিক্রিয়া, (*b*) একটি অধাতুর সাথে জলের বিক্রিয়া, (*c*) ধাতুর সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়া, (*d*) ধাতুর সাথে ক্ষারের বিক্রিয়া, (*e*) একটি ধাতব হাইড্রাইড ও জলের বিক্রিয়া।

(3) কারণ নির্দেশ কর :

(*a*) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে কিপের যন্ত্র থেকে হাইড্রোজেন চালনা করলে কোন বর্ণ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু উক্ত দ্রবণে জিঙ্কের ছিবড়া ও লঘু H_2SO_4 যোগ করলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

(*b*) গলিত সোডিয়াম হাইড্রাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডে নির্গত হয়।

(*c*) নাইট্রোজেন মিশ্রিত হাইড্রোজেন গ্যাসকে তপ্ত প্যালাডিয়াম পাতযুক্ত বায়ুশূন্য কাচের বাল্বে চালনা করে নাইট্রোজেন থেকে হাইড্রোজেন পৃথক করা যায়।

(4) (*a*) তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

(*b*) ক্ষার থেকে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়?

(*c*) ওয়াটার গ্যাস থেকে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়?

(5) জায়মান হাইড্রোজেন কাকে বলে? পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর যে জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় ও শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। জায়মান হাইড্রোজেনের এই অধিকতর সক্রিয়তার কারণ কি? হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলতে কি বোঝায়?

(6) (*a*) সোডিয়াম হাইড্রাইডে উপস্থিত হাইড্রোজেনের সাথে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে উপস্থিত হাইড্রোজেনের কি পার্থক্য আছে? কি পরীক্ষা দ্বারা এই পার্থক্য নিরূপণ করা যায়?

(*b*) KOH এ হাইড্রোজেনের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করবে?

(7) কি সর্তে (*a*) সোডিয়াম, (*b*) ম্যাগনেসিয়াম, (*c*) আয়রণ এবং (*d*) কার্বন জলের সাথে বিক্রিয়া করে? প্রতিটি ক্ষেত্রে কি উৎপন্ন হয় সমীকরণ সহ দেখাও।

(8) অক্সিজেন গ্যাস পরীক্ষাগারে কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? এই প্রস্তুতিতে পটাসিয়াম ক্লোরেটের সাথে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড কেন মিশ্রিত করা হয় ব্যাখ্যা কর।

দহন কি? অক্সিজেন যে দহনের সহায়ক উদাহরণ-সহ দেখাও।

(9) তিনটি পদার্থের উল্লেখ কর যাদের একক ভাবে বা অন্য কোন পদার্থের সাথে মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। পদার্থগুলিকে উত্তপ্ত করলে কি হয় সমীকরণ-সহ দেখাও। কিভাবে অক্সিজেন কে (*a*) একটি অম্লিক অক্সাইড, ও (*b*) একটি ক্ষারকীয় অক্সাইডে পরিণত করা যায়?

(10) (*a*) একটি গ্যাসীয় পদার্থ, (*b*) একটি তরল পদার্থ ও (*c*) একটি কঠিন পদার্থ থেকে অক্সিজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। অক্সিজেনের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

52 গ্রাম Na_2O_2 এর সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ জলের বিক্রিয়ায় NTP তেকত আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হয় [উত্তর: 7·5 লিটার]

(11) খরজল ও মৃদুজল কাকে বলে? জলের খরতার কারণ কি? জলের খরতা কয় প্রকারের? জলের উভয় প্রকার খরতা দূরীকরণের পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর। জলের খরতা কিভাবে প্রকাশ করা হয়?

(12) জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(13) জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(14) একটি তরল পদার্থ যে জল কিভাবে প্রমাণ করা যায়? কোন কোন পদার্থ দ্বারা জল শোষিত হয়? আয়নমুক্ত জল কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

জলের সাথে নিম্নের পদার্থগুলির বিক্রিয়ার সর্ত ও সমীকরণ দাও:

(i) Cl_2, (ii) Na, (iii) Mg, (iv) Na_2O_2, (v) Al.

(15) কারণ নির্দেশ কর:

(i) খরজল সাবানের সাথে সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না।

(ii) স্ফুটনের সাহায্যে জলের স্থায়ী খরতা দূর করা যায় না।

(iii) স্ফুটনের সাহায্যে $Mg(HCO_3)_2$ জনিত অস্থায়ী খরতা সম্পূর্ণ দূর করা যায় না।

(iv) নীল কপার সালফেট কে উত্তপ্ত করলে সাদা হয়ে যায় এবং এই সাদা পদার্থ জলের সংস্পর্শে আবার নীল হয়ে যায়।

(16) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (*a*) পটাসিয়াম আয়োডাইড ও (*b*) লেড সালফাইডের সাথে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ আলোচনা কর।

দুটি বিক্রিয়ার দ্বারা দেখাও যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিজারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহার করে।

(17) গাঢ় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের (i) জারণ ও (ii) বিজারণ ক্রিয়ার দুটি করে এবং (iii) পার-অক্সাইড ধর্ম ও (iv) বিরঞ্জন ক্রিয়ার একটি করে উদাহরণ দাও। পার-হাইড্রেট কাদের বলে।

(18) (a) চারটি পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ও জলের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

(b) "20 আয়তন" H_2O_2 দ্রবণ বলতে কি বুঝায়?

(c) বিরঞ্জিত তন্তু থেকে অতিরিক্ত ক্লোরিন কিভাবে দূর করা যায়?

(d) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

(19) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। হইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়? হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

(20) ওজোনিত অক্সিজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ওজোনিত অক্সিজেন থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ ওজোন পাওয়া যায়? ওজোনের প্রধান প্রধান ধর্ম এবং ব্যবহার আলোচনা কর।

(21) (i) দেখাও যে ওজোন হল অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।

(ii) প্রমাণ কর যে ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা—অধিকতর শক্তিশালী জারক দ্রব্য।

(iii) ওজোন কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

(22) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ওজোনের ধর্মের তুলনা কর।

(23) নিম্নের পরিবর্তনগুলি কিভাবে করবে?

(i) সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে।

(ii) সোডিয়াম নাইট্রাইটকে সোডিয়াম নাইট্রেটে।

(iii) ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে।

(iv) স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে।

(24) নিম্নের বিক্রিয়াগুলিতে কি ঘটে সমীকরণসহ লেখ :

(i) সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের গাঢ় দ্রবণ যোগ করা হল ;

(ii) জলে ভাসমান বেরিয়াম পার-অক্সাইডের ভিতর CO_2 চালনা করা হল ;

(iii) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে H_2O_2 যোগ করা হল ;

(iv) অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণে H_2O_2 যোগ করা হল ;

(v) ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হল ;

(vi) ওজোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হল ;

(vii) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের লঘু জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করে ইথার দিয়ে ঝাঁকানো হল ;

(vii) লেড সালফাইডের সাথে ওজোনের বিক্রিয়া ঘটানো হল ;

(ix) পারদের ভিতর ওজোনিত অক্সিজেন চালনা করা হল ;

(x) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত স্ট্যানাস ক্লোরাইডের দ্রবণে ওজোনিত অক্সিজেন চালনা করা হল ;

(xi) সালফার ডাই-অক্সাইডের সাথে ওজোনের বিক্রিয়া ঘটানো হল ;

(xii) অম্লায়িত ফেরাস সালফেটের দ্রবণে ওজোনিত অক্সিজেন চালনা করা হল ;

(xiii) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ওজোন চালনা করা হল ;

দ্বিতীয় অধ্যায়

(1) বায়ুতে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায়? দেখাও যে বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয়।

(2) পরীক্ষার সাহায্যে বায়ুর ভৌলিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(3) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কি অবস্থায় নাইট্রোজেন (i) হাইড্রোজেন, (ii) অক্সিজেন, (iii) ম্যাগনেসিয়ামের সাথে যুক্ত হয়? সমীকরণসহ আলোচনা কর। উপরের বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন পদার্থসমূহের সাথে জলের বিক্রিয়া সমীকরণসহ আলোচনা কর।

(4) (i) বায়ু, (ii) অ্যামোনিয়া ও (iii) নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে কিভাবে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রোজেনের ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।

(5) (a) কোন অ্যামোনিয়ামের যৌগ থেকে পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নাইট্রোজেনকে কিভাবে শুষ্ক করা হয় এবং সংগ্রহ করা হয়? কি অবস্থায় নাইট্রোজেন ক্যালসিয়াম কারবাইডের সাথে বিক্রিয়া করে? উৎপন্ন পদার্থের উপর জলের ক্রিয়া কি?

(b) তিনটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। কোনটি কি কিভাবে নিরূপণ করবে?

তৃতীয় অধ্যায়

(1) বহুরূপতা বলতে কি বোঝ? কার্বনের চারটে রূপভেদের নাম কর। ঐ রূপভেদগুলির প্রতিটির ব্যবহারের উল্লেখ কর। ঐ রূপভেদগুলি যে একই মৌল কার্বনের বিভিন্ন রূপ কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

(2) কৃত্রিম উপায়ে গ্রাফাইট এবং হীরক প্রস্তুতি সম্পর্কে কী জান? গ্রাফাইট নামকরণের কারণ কি?

(3) অস্থিভস্ম এবং কৃষ্ণ অস্থি (bone ash & bone black) কি? অস্থিভস্ম থেকে শ্বেত ফসফরাস কিভাবে প্রস্তুত করা যায় বর্ণনা কর। (H.S. 1962) ফসফরাসকে জলের নীচে ডুবিয়ে রাখা হয় কেন?

(4) ফসফেট খনিজ থেকে কিভাবে শ্বেত ফসফরাসের বৃহদায়তন প্রস্তুতি হয়ে থাকে? শ্বেত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাসের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। শ্বেত ফসফরাসকে লোহিত ফসফরাসে এবং লোহিত ফসফরাসকে শ্বেত ফসফরাসে কিভাবে পরিবর্তিত করা যায়?

(5) এমন দুটি মৌলের নাম কর যাদের রূপভেদ আছে। ঐ রূপভেদগুলির নাম কর। যে কোন একটি মৌলের দুটি রূপভেদের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই রূপভেদ দুটির কয়েকটি পার্থক্য নির্ণায়ক ধর্মের উল্লেখ কর। কিভাবে দেখাবে যে রূপভেদ দুটি একই মৌলের দুটি ভিন্ন রূপ? (H. S. 1963)

(6) ফসফরাসকে নাইট্রোজেনের সমধর্মী মনে করবার কারণ কি? ফসফরাসের ব্যবহার উল্লেখ কর। অক্সিজেন, নাইট্রিক অ্যাসিড, কষ্টিক সোডা দ্রবণ, কপার সালফেট দ্রবণের সাথে ফসফরাসের বিক্রিয়া কিরূপে হয় সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(7) সালফারের প্রাকৃতিক উৎস কী? সালফার কিভাবে নিষ্কাশিত হয়?

সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর। কিভাবে সালফার সনাক্তকরণ করা যায়? এর ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর।

(8) **হ্যালোজেন** কথাটির অর্থ কী? কাদের হ্যালোজেন বলা হয়? হ্যালোজেন পরিবারের মধ্যের তিনটি সভ্যের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। পর্যায় সারণীতে এদের একই গ্রুপে অবস্থান কি যুক্তিযুক্ত মনে হয়?

(9) পরীক্ষাগারে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। ক্লোরিনের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সাথে ক্লোরিনের কিভাবে বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর:

(a) পটাসিয়াম আয়োডাইড (b) হাইড্রোজেন সালফাইড (c) জল (d) কষ্টিক সোডা দ্রবণ (e) শুষ্ক কলিচুন এবং চুনের জল (f) ফেরাস ক্লোরাইড এর দ্রবণ (g) কার্বন মনোক্সাইড এবং সালফার ডাই অক্সাইড (h) অ্যামোনিয়া

(10) নীচের বিক্রিয়াগুলির কোনটিতে তাপের প্রয়োজন আছে এবং কোনটিতে নাই?

(a) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O.$

(b) $PbO_2+4HCl=PbCl_2+Cl_2+2H_2O.$

(c) $2KMnO_4+16HCl=2MnCl_2+2KCl+5Cl_2+8H_2O.$

(d) $Ca(OCl)Cl+2HCl=CaCl_2+Cl_2+H_2O.$

সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। সাধারণ লবণ থেকে কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায়?

(11) ক্লোরিনের বৃহদায়তন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রথমে পদ্ধতিটির নীতি বুঝিয়ে বল। ক্লোরিনের জারণ এবং বিরঞ্জন ধর্ম সম্পর্কে কী জান? বিরঞ্জক দ্রব্য হিসাবে ক্লোরিন এবং সালফার ডাই অক্সাইডের তুলনা কর। (SO_2 দ্রষ্টব্য)

(12) সোডিয়াম ব্রোমাইড থেকে পরীক্ষাগারে ব্রোমিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন, জল, ক্ষারদ্রবণের সাথে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এবং জারক দ্রব্য হিসাবে ক্লোরিন এবং আয়োডিনের সাথে ব্রোমিনের তুলনা কর।

(13) কার্ণালাইট থেকে ব্রোমিনের বৃহদায়তন প্রস্তুতি কিভাবে হয়ে থাকে বর্ণনা কর। কিভাবে ব্রোমিন সনাক্তকরণ করা হয়? ব্রোমিনের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর। ফসফরাস, পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ, এবং সোডিয়াম ধাতুর সাথে ব্রোমিনের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

(14) পরীক্ষাগারে আয়োডিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? আয়োডিন সম্পূর্ণ-

রূপে বিশুদ্ধীকৃত হতে পারে কিভাবে? জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য হিসাবে আয়োডিনের কয়েকটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ থেকে আয়োডিন প্রতিস্থাপিত হয় ক্লোরিন দ্বারা, কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত হয় আয়োডিন দ্বারা—এর কারণ কী?

(15) সামুদ্রিক শৈবাল থেকে আয়োডিন প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতিটি বর্ণনা কর। আয়োডিনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ধর্মের উল্লেখ কর। আয়োডিনের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর।

(16) ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের মধ্যে

(a) কার তড়িৎ-ঋণাত্মকতা এবং সক্রিয়তা বেশী?

(b) জারণ ক্ষমতা কার বেশী, বিজারণ ক্ষমতাই বা কার বেশী?

(c) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি কার বেশী?

(d) $HClO_3$, $HBrO_3$ এবং HIO_3 এর মধ্যে কোন অ্যাসিডটি তীব্রতম?

চতুর্থ অধ্যায়

(1) কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর। এই দুই অক্সাইডের মিশ্রণকে কিভাবে সম্পূর্ণরূপে (i) কার্বন মনোক্সাইডে, (ii) কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিবর্তিত করবে? এবং দুইটি অক্সাইডে কার্বনের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করবে?

(2) কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কার্বন মনোক্সাইডের প্রধান প্রধান ধর্ম আলোচনা কর। এর ব্যবহার উল্লেখ কর।

(3) কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এর ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

(4) (i) নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি কি কি? প্রতিটি অক্সাইডে নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা কত? (ii) N_2O ও CO_2 এর মধ্যে অনেক সাদৃশ্য বর্তমান কেন?

(iii) বায়ু অপেক্ষা N_2O এ দহন অধিকতর তীব্রতার সাথে ঘটে কেন?

(iv) নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রাস অক্সাইডের মত সহজে দহনে সাহায্য করে না; কিন্তু নাইট্রিক অক্সাইডে দহন আরম্ভ হলে নাইট্রাস অক্সাইডে দহন অপেক্ষা অধিকতর তীব্রতার সাথে ঘটে কেন?

(v) নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের তুলনা কর।

(5) পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই গ্যাসকে কিভাবে

বিশুদ্ধ করা হয়? দেখাও যে নাইট্রিক অক্সাইড জারক ও বিজারক দ্রব্য উভয় রূপেই কাজ করতে পারে।

নিম্নের পরিবর্তনগুলি কি ভাবে ঘটাবে—

(i) অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে;

(ii) নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে;

(iii) নাইট্রিক অক্সাইডকে অ্যামোনিয়াতে;

(iv) নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রোজেনে।

(6) নিম্নের পদার্থগুলির প্রস্তুতি ও ধর্ম বর্ণনা কর:

(i) নাইট্রাস অক্সাইড, (ii) ডাইনাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, (iii) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, (iv) নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড।

(7) সিলিকা প্রকৃতিতে কি কি প্রধান প্রধান রূপে পাওয়া যায়? এদের ব্যবহার উল্লেখ কর। বিশুদ্ধ অনিয়তাকার সিলিকা কি ভাবে প্রস্তুত করা যায়? দেখাও যে সিলিকা একটি আম্লিক অক্সাইড।

সিলিকা থেকে কিভাবে সিলিকন পাওয়া যায়?

সিলিকা জেল কি?

(8) ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড ও ফসফরাস পেন্টক্সাইডের প্রস্তুতি ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

(9) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি চিত্রসহ বর্ণনা কর। সালফার ডাই-অক্সাইডকে (i) ব্রোমিন জলের ভিতর, (ii) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের ভিতর, (iii) H_2S—এর জলীয় দ্রবণের ভিতর চালনা করলে কি ঘটে সমীকরণ-সহ বর্ণনা কর।

কি অবস্থায় SO_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে? কি উৎপন্ন হয়?

(10) (a) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ, বিজারণ ও বিরঞ্জন গুণ উদাহরণসহ আলোচনা কর।

(b) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণ কর।

(c) সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

পঞ্চম অধ্যায়

(1) নাইট্রাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা করা। নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ ধর্ম সমীকরণ-সহ আলোচনা কর।

(i) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ও (ii) ইউরিয়ার সাথে নাইট্রাস অ্যাসিডের কি বিক্রিয়া ঘটে ?

নাইট্রাইট লবণ কাদের বলে ? নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইটকে কিভাবে সনাক্ত করা যায় ?

(2) নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (i) কপার ও (ii) সোডিয়াম কার্বনেটের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বর্ণনা কর। অম্লরাজ কি ?

(3) (a) দেখাও যে নাইট্রিক অ্যাসিড (i) অ্যাসিড ও (ii) জারণ গুণ সম্পন্ন।

(b) নাইট্রিক অ্যাসিডের নাইট্রোজেনকে কিভাবে (i) অ্যামোনিয়া, (ii) নাইট্রাস অক্সাইড, (iii) নাইট্রিক অক্সাইড ও (iv) নাইট্রোজেনে পরিবর্তিত করা যায় ?

(4) (i) ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড কাকে বলে ?

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ?

(iii) অম্লরাজ কিভাবে সোনাকে দ্রবীভূত করে ?

(iv) বলয় পরীক্ষা কি ?

(v) নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

(vi) নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

(5) ফসফরাস অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ফসফরাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম বর্ণনা কর। ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব কত ? ইহা কয় ধরণের লবণ উৎপন্ন করে ? ফসফরাস অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কি হয় ?

(6) (i) ফসফরাস ও (ii) অস্থিভস্ম থেকে কিভাবে ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ? ফসফরিক অ্যাসিড কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? ফসফরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কি হয় ? ফসফরিক অ্যাসিডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

(7) সালফিউরিক অ্যাসিডের (i) অ্যাসিড ধর্ম, (ii) জারণ ধর্ম, ও (iii) নিরুদন ধর্ম উদাহরণ-সহ বর্ণনা কর।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

(৪) (i) সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাতিত করে অনার্দ্র সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না কেন ?

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ কর।

(iii) সালফিউরাস অ্যাসিড কি? প্রমাণ কর যে সালফিউরাস অ্যাসিডে সালফার আছে।

(iv) সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

(9) (i) সালফার, (ii) লেড, (iii) অক্সালিক অ্যাসিড, (iv) খাদ্যলবণ, (v) পটাসিয়াম ব্রোমাইড, (vi) চারকোল, (vii) ফসফরাস ও (viii) ফরমিক অ্যাসিডের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া-শর্ত ও সমীকরণ-সহ বর্ণনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায়

(1) পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? এই গ্যাস শুষ্ক করতে কী নিরুদক দ্রব্য ব্যবহার করা হয়? উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড, ক্লোরিন এবং কপার সালফেট দ্রবণের সাথে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া সমীকরণ-সহ বর্ণনা কর।

(2) কিভাবে প্রমাণ করবে—

(i) অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন আছে? (Hints : উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড এবং সোডিয়ামের সাথে বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)

(ii) অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারক।

(iii) অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্ম আছে।

(3) ফসফিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বর্ণনা কর। গ্যাসটিকে কিভাবে বিশুদ্ধিকৃত করা হয়? বিশুদ্ধ ফসফিন বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে উঠে না, কিন্তু অশুদ্ধ ফসফিন জ্বলে উঠে—এর কারণ কী? ফসফিন এবং অ্যামোনিয়ার একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

(4) পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে প্রমাণ করা হয় যে 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে? এর থেকে অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। ফসফিনেরও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

(5) পরীক্ষাগারে H_2S গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত ও সঞ্চিত করা হয় বর্ণনা কর। কিভাবে অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যেতে পারে? হাইড্রোজেন সালফাইডকে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় কেন? দুটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও যে H_2S বিজারণ ধর্ম সম্পন্ন—সমীকরণ দাও।

(6) একটি কালো যৌগের সাথে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি গ্যাস নির্গত হয় যা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার

কাগজকে কালো করে দেয়। গ্যাসটি কী? কালো যৌগটিই বা কী? কালো যৌগটি থেকে গ্যাসটির প্রস্তুতিতে HNO_3 ব্যবহৃত হতে পারে না কেন? (Hints: গ্যাসটি বিজারক, HNO_3 দ্বারা জারিত হয়—HNO_3 দ্রষ্টব্য) গ্যাসটি সনাক্ত করণের আর একটি পরীক্ষার উল্লেখ কর।

পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে গ্যাসটির ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা কর।

(7) ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের হাইড্রাইড যৌগ তিনটির একটি তুলনামূলক আলোচনা কর। পরীক্ষাগারে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং HCl এর জলীয় দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। অনার্দ্র গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কি অ্যাসিড ধর্ম সম্পন্ন? HCl কিভাবে সনাক্তকরণ করা যায়?

(8) হাইড্রোজেনক্লোরাইডের আয়তনমাত্রিক সংযুতি সম্পর্কিত পরীক্ষাটির বর্ণনা দাও এবং পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং এর জলীয় দ্রবণের ধর্ম বর্ণনা কর।

(9) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং তার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতির বর্ণনা কর এবং HBr এর ধর্মগুলি উল্লেখ কর, প্রয়োজনীয় ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

(10) হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড তিনটির মধ্যে কোনটি তীব্রতম অ্যাসিড? ঐ অ্যাসিডটির পরীক্ষাগার প্রস্তুতি কিভাবে সম্পন্ন করা হয়? উক্ত অ্যাসিডের ধর্ম বর্ণনা কর।

(11) **কোনটি সঠিক এবং কোনটি ভুল বল**—(প্রয়োজনীয় ক্ষেত্রে যুক্তি দেখাও):

(a) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড থেকে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে তাপের প্রয়োজন নাই।

(b) আর্দ্র অ্যামোনিয়া শুষ্ক করতে গাঢ় H_2SO_4 বা অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহার করা যেতে পারে।

(c) ফসফিনের বিজারণ ধর্ম আছে।

(d) H_2S এর জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্লধর্মী।

(e) অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অ্যাসিড ধর্ম আছে।

(f) NaCl থেকে HCl প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার না করে গাঢ় HNO_3 ব্যবহার করা যেতে পারে।

(g) KBr এবং KI এর সাথে গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে যথাক্রমে HBr ও HI প্রস্তুত করা সম্ভবপর।

(12) কী ঘটে বর্ণনা কর যখন :

(a) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া চালিত করা হয়।

(b) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত ফেরিক ক্লোরাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়া চালিত করা হয়।

(c) সিলভার নাইট্রেট এবং কপার সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালিত হয়।

(d) H_2S চালিত হয়—

(i) অম্লায়িত কপার সালফেট দ্রবণে এবং লেড নাইট্রেট দ্রবণে ;

(ii) অম্লায়িত এবং ক্ষারীকৃত $ZnSO_4$ দ্রবণে ;

(iii) অম্লায়িত এবং ক্ষারীকৃত $MgSO_4$ দ্রবণে ;

(iv) অতিরিক্ত ক্লোরিন-জলে।

(e) গাঢ় HCl দ্রবণের সাথে পটাশ পারম্যাঙ্গানেটের বিক্রিয়া ঘটে।

(f) সিলভারনাইট্রেট দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবাহিত করা হয়।

(g) লোহিত ফসফরাস, ব্রোমিন এবং জলের পারস্পরিক বিক্রিয়া ঘটে।

(13) **শূন্যস্থান পূর্ণ কর :**

(a) H_2S একটি — দ্রব্য, কারণ H_2S এ S এর জারণ-সংখ্যা — এবং মৌল অবস্থায় S এর জারণ সংখ্যা — ; কাজেই H_2S মৌল S এতে — হতে পারে।

(b) অ্যামোনিয়া — ধর্মসম্পন্ন, কারণ অ্যামোনিয়াব জলীয় দ্রবণ — লিটমাসকে —করে দেয় এবং অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় —— লবণ গঠন করে।

(c) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের —দ্রবণকেই —— বলে।

সপ্তম অধ্যায়

(1) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন কিভাবে হয়ে থাকে বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নীতি বুঝিয়ে বল।

(2) বৃহদায়তন পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াকে কিভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেটে এবং ইউরিয়াতে পরিবর্তিত করা যায় ? এদের মূল ব্যবহার কি হিসাবে ?

(3) অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতির সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে কিভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করা হয় ? নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পপ্রস্তুতির অপর দুটি পদ্ধতির উল্লেখ কর। তিনটি পদ্ধতির মধ্যে কোন্‌টি অধুনা প্রচলিত এবং কেন ?

(4) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পপ্রস্তুতির সংস্পর্শ পদ্ধতিটি বর্ণনা কর। এই

পদ্ধতিকে সংস্পর্শ পদ্ধতি কেন বলা হয়? পদ্ধতিটিতে ব্যবহৃত ভৌত-রাসায়নিক নীতি ব্যাখ্যা কর।

(5) 'সুপার ফসফেট অব লাইম' বলতে কী বোঝ? কি ভাবে এটি উৎপাদিত হয়? ট্রাইক্যালসিয়াম ফসফেট কি সার হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে?

(6) অন্তর্ধূম পাতন বলতে কী বোঝ? কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন গ্যাসীয় জ্বালানির নাম কর এবং তার প্রস্তুতির বর্ণনা দাও।

(7) কোল গ্যাসের উপাদানগুলির নাম লেখ এবং কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে উৎপন্ন উপজাত পদার্থগুলির নাম লেখ এবং তাদের প্রধান প্রধান ব্যবহারের উল্লেখ কর।

কয়েকটি বিশেষ প্রশ্ন ও তার সমাধান

(1) **কারণ নির্দেশ কর:**

(a) ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

(b) সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণে ফিনলথ্যালিন যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়ে যায়।

(c) SO_2 জারক ও বিজারক উভয় দ্রব্য হিসাবেই ক্রিয়া করতে সমর্থ।

উত্তর: (a) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মৃদু ক্ষার অ্যামোনিয়া এবং তীব্র অ্যাসিড HCl এর লবণ। কাজেই, জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হবে এবং জলীয় দ্রবণে তীব্র অ্যাসিড HCl থাকবার জন্য জলীয় দ্রবণ হবে আম্লিক এবং ঐ আম্লিক দ্রবণে $Mg(OH)_2$ দ্রবীভূত হয়ে যায়:

$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HCl$$

$$Mg(OH)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O.$$

(b) সোডিয়াম অ্যাসিটেট হল মৃদু অ্যাসিড অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের লবণ। জলীয় দ্রবণে এই লবণ আর্দ্র বিশ্লেষিত হবে এবং দ্রবণে তীব্র ক্ষার NaOH থাকায় দ্রবণ হবে ক্ষারধর্মী। সুতরাং ঐ দ্রবণে ফিনলথ্যালিন যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ হয়ে যাবে লাল:

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NaOH.$$

(c) SO_2 তে S এর জারণ-সংখ্যা +4 ; মৌল সালফারে S-এর জারণ-সংখ্যা O এবং SO_3 তে (বা H_2SO_4 এ) S এর জারণ-সংখ্যা +6 ; সুতরাং SO_2 এ বর্তমান S এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি দুটিরই সম্ভাবনা আছে। অর্থাৎ, SO_2 ক্ষেত্রবিশেষে বিজারিতও হতে পারে, আবার অনেক ক্ষেত্রে জারিতও হতে পারে ; বা, SO_2 জারক এবং বিজারক উভয় দ্রব্য হিসাবেই ক্রিয়া করতে সমর্থ। (উদাহরণের জন্য SO_2 এর ধর্ম দ্রষ্টব্য—পৃঃ 306—7)

(2) জলে জিঙ্ক সালফেট বা অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবীভূত থাকলে কি ঐ জল খর হবে ?

উত্তর : হ্যাঁ, ঐ জল খর হবে। প্রকৃতপক্ষে, **জলে ক্ষারীয় ধাতুর লবণ ছাড়া অন্য যে কোনও লবণ দ্রবীভূত থাকলেই ঐ জল অল্পবিস্তর খর হবেই,** তবে জলের খরতার জন্য মূলতঃ দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম এবং ফেরাস লবণই দায়ী, সেজন্যই সাধারণভাবে জলের খরতা আলোচনা কালে অন্য লবণের উপস্থিতির বিষয় আলোচিত হয়নি। আসলে, সাবানের সাথে জলের বিক্রিয়ায় সময়েতে অদ্রবণীয় সাবান উৎপন্ন হলেই ঐ জল খরজল হিসাবে গণ্য হবে। জিঙ্ক বা অ্যালুমিনিয়াম লবণের সাথে সাধারণ সাবানের বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় জিঙ্ক সাবান বা অ্যালুমিনিয়াম সাবান উৎপন্ন হবে। যেমন—সোডিয়াম ষ্টিয়ারেট + জিঙ্ক লবণ = জিঙ্ক ষ্টিয়ারেট + সোডিয়াম লবণ।
(অদ্রবণীয়)

(3) পাতন-ক্রিয়ার সাহায্য ছাড়াই কি ভাবে প্রায় পাতিত জল পাওয়া যেতে পারে ?

উত্তর : জলকে প্রথমে কোন ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন-বেডের (যথা জিওকার্ব H) মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে পরে অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন-বেডের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করালে যে আয়ন-মুক্ত জল (অর্থাৎ যে জলে H^+ এবং OH^- ব্যতীত অন্য আয়ন বর্তমান থাকে না) পাওয়া যায় (পৃঃ 227 দ্রষ্টব্য) ঐ জলে এবং পাতিত জলে বিশেষ কোনও প্রভেদ নেই বললেই চলে।

[সঠিকভাবে বলতে গেলে অবশ্য-বিশেষভাবে পাতিত জল বিশেষভাবে আয়ন-মুক্ত জল অপেক্ষাও বিশুদ্ধতর, কারণ আয়ন-মুক্ত জলে আয়নে বিয়োজিত হয় না এই ধরণের কিছু অশুদ্ধি দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যেতে পারে, আয়নমুক্ত জলে দ্রবীভূত সিলিকার পরিমাণ তুলনামূলকভাবে কিছু বেশি থাকে।]